

UNIVERSITE DU QUEBEC

MEMOIRE

PRESENTÉ A

L'UNIVERSITE DU QUEBEC A CHICOUTIMI

COMME EXIGENCE PARTIELLE

DE LA MAITRISE EN PRODUCTIVITE AQUATIQUE

PAR

DANY BEDARD

B. SC. en biologie

CROISSANCE ET REPRODUCTION D'UNE POPULATION D'OSMERUS MORDAX AU LAC VERT, ET DEVELOPPEMENT EMBRYONNAIRE
ET LARVAIRE DANS DEUX MILIEUX DE MATIERE ORGANIQUE,
LE GLUCOSE ET L'ACETATE.

MARS 1988



Mise en garde/Advice

Afin de rendre accessible au plus grand nombre le résultat des travaux de recherche menés par ses étudiants gradués et dans l'esprit des règles qui régissent le dépôt et la diffusion des mémoires et thèses produits dans cette Institution, **l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC)** est fière de rendre accessible une version complète et gratuite de cette œuvre.

Motivated by a desire to make the results of its graduate students' research accessible to all, and in accordance with the rules governing the acceptance and diffusion of dissertations and theses in this Institution, the **Université du Québec à Chicoutimi (UQAC)** is proud to make a complete version of this work available at no cost to the reader.

L'auteur conserve néanmoins la propriété du droit d'auteur qui protège ce mémoire ou cette thèse. Ni le mémoire ou la thèse ni des extraits substantiels de ceux-ci ne peuvent être imprimés ou autrement reproduits sans son autorisation.

The author retains ownership of the copyright of this dissertation or thesis. Neither the dissertation or thesis, nor substantial extracts from it, may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

RESUME

La population d'éperlans, Osmerus mordax, du lac Vert, étudiée durant leur migration reproductrice, se caractérise pour chaque groupe d'âge par des mâles plus longs et plus gros. Elle présente un fort taux de croissance allométrique de la relation longueur-poids, soit 3,23 chez les mâles et de 3,29 chez les femelles. Ainsi le facteur de condition moyen chez les mâles (0,617) est supérieur à celui des femelles (0,577). Cette population se distingue par un taux de croissance instantané en longueur et en poids maximal au cours de la 4e année. La migration des éperlans se produit de préférence à une température de 4-9°C avec un optimum à 6°C. On note une nette dominance des mâles due en partie à leur retour sur les sites de fraie. L'âge des individus se reproduisant est de 2 à 6 ans pour les femelles et de 2 à 7 ans pour les mâles; le groupe d'âge III est nettement dominant chez les deux sexes.

L'incubation d'oeufs d'Osmerus mordax, en milieux de matière organique dissoute de glucose et d'acétate à 0,8 mmol.l⁻¹ entraîne une diminution des volumes des réserves énergétiques chez les larves nouvellement écloses. Dans un milieu d'acétate, le volume du vitellus protéique est de 0,0353 et celui de la gouttelette d'huile de 0,0059 comparativement à 0,0757 et de 0,0128 en eau pure. La longueur des larves ne présente aucune différence significative ($P > 0,05$) entre les milieux. De même, ces deux milieux de matière organique augmentent le taux de mortalité des oeufs au début de leur développement et avant l'éclosion: 90,69% en milieu de glucose, 88,85% en milieu d'acétate et 82,85% en eau pure. Les taux à l'éclosion sont respectivement de 100%, 93,56% et de 86,96%.

La présence de nourriture n'est pas un facteur suffisant ($P < 0,05$) pour déclencher le comportement de nutrition des larves. Le courant d'eau et principalement l'intensité lumineuse ont une importance significative sur l'activité et le comportement alimentaire des larves. Elles présentent un fort comportement de phototaxie positive. D'ailleurs, à forte intensité lumineuse, les larves se concentrent essentiellement près de la surface de l'eau et l'effet du courant sur le pourcentage de larves en mouvement n'est pas significatif. Leurs comportements d'orientation et d'alimentation sont plus intenses en présence d'un courant d'eau, d'une intensité lumineuse de 17 000 lx et d'une nourriture additionnée de bétaine, L-alanine et L-arginine à 10 mmol.l⁻¹.

Les facteurs abiotiques de nutrition, comme un courant d'eau de 30 à 70 mm.s⁻¹ et une intensité lumineuse de 17 000 lx, provoquent une diminution plus rapide du volume des réserves énergétiques, un taux de croissance et une longueur moindre au cours de l'absorption des réserves énergétiques endogènes. De même, le glucose et l'acétate causent une diminution plus rapide du volume des réserves énergétiques et amènent ainsi une diminution d'énergie disponible pour la croissance ($L = 8,085$ en glucose, $L = 8,365$ en acétate et $L = 8,450$ en eau pure). L'effet des matières organiques sur les larves en conditions abiotiques de nutrition n'accroît pas la diminution du volume du vitellus protéique et provoque une diminution accrue du volume de la gouttelette d'huile en acétate et une augmentation en glucose par rapport à l'eau pure. Les efficacités d'utilisation des réserves énergétiques sont supérieures en milieux de matière organique. Ceci suggère un apport énergétique exogène pour les larves; le milieu d'acétate semble plus adéquat.

Dany Bedard
DANY BEDARD

Louis-Marie Lalancette
LOUIS-MARIE LALANCETTE

REMERCIEMENTS

Mes remerciements vont à mon directeur de thèse, M. Louis-Marie Lalancette, et à ceux du programme en productivité aquatique de L'Université du Québec à Chicoutimi. Ils m'ont donné la possibilité d'aménager une pisciculture expérimentale et ont financé la location d'un véhicule pour mes déplacements lors des échantillonnages.

La direction du ministère du Loisirs de la Chasse et de la Pêche de Jonquière m'a également fourni une aide technique et du matériel d'échantillonnage. Je l'en remercie sincèrement.

Mes remerciements s'adressent aussi à mon entourage qui m'a apporté un grand soutien moral tout au long de cette recherche.

TABLE DES MATIÈRES

	page
RÉSUMÉ	ii
REMERCIEMENTS	iv
TABLE DES MATIÈRES	v
LISTE DES FIGURES	vii
LISTE DES TABLEAUX	viii
CHAPITRE I INTRODUCTION	1
CHAPITRE II MATERIEL ET MÉTHODES	6
2.1 Description du milieu	7
2.2 Croissance en longueur et en poids	7
2.3 Incubation et mortalité des oeufs	11
2.4 Mensurations des larves	13
2.5 Orientation et alimentation des larves en fonction de l'intensité lumineuse, du courant d'eau et du type de nourriture	13
2.6 Développement des larves en eau pure et dans deux milieux de matières organique ..	16
CHAPITRE III CROISSANCE ET REPRODUCTION D'UNE POPULATION D'ÉPERLAN, <u>OSMERUS MORDAX</u> , EN MIGRATION REPRODUCTRICE AU LAC VERT, QUEBEC	18
3.1 RÉSULTATS	19
3.1.1 Croissance en longueur et en poids ..	19
3.1.2 Reproduction	24
3.2 DISCUSSION	30
CHAPITRE IV DÉVELOPPEMENT DES OEUFS DE L'ÉPERLAN, <u>OSMERUS MORDAX</u> , EN EAU PURE ET DANS DEUX MILIEUX DE MATIÈRES ORGANIQUE DISSOUTE, LE GLUCOSE ET L'ACÉTATE	38
4.1 RÉSULTATS	39

4.1.1	Incubation et mortalité des oeufs	39
4.1.2	Éclosion des larves	42
4.2	DISCUSSION	45
CHAPITRE V	COMPORTEMENT DES LARVES D'ÉPERLAN, <u>OSMERUS MORDAX</u> , EN FONCTION DE L'INTENSITÉ LUMINEUSE, DU COURANT D'EAU ET DU TYPE DE NOURRITURE	50
5.1	RÉSULTATS	51
5.1.1	Larves en mouvement	51
5.1.2	Orientation et alimentation	53
5.2	DISCUSSION	56
CHAPITRE VI	ÉTUDE DU DÉVELOPPEMENT LARVAIRE DE L'ÉPERLAN, <u>OSMERUS MORDAX</u> , EN EAU PURE ET DANS DEUX MILIEUX DE MATIÈRE ORGANIQUE, LE GLUCOSE ET L'ACÉTATE	61
6.1	RÉSULTATS	62
6.1.1	Larves en inanition	62
6.1.2	Larves en condition d'alimentation	66
6.1.3	Comparaison entre les larves en inanition et en condition d'alimentation ..	68
6.2	DISCUSSION	70
6.2.1	Effet du glucose et de l'acétate	70
6.2.2	Effet des facteurs abiotiques de nutrition	75
CHAPITRE VII	CONCLUSION	79
BIBLIOGRAPHIE	83

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1 : Localisation de la station d'échantillonage au lac Vert, Québec	8
FIGURE 2 : Longueur moyenne observée et taux de croissance instantanée d' <i>Osmerus mordax</i> du lac Vert	21
FIGURE 3 : Poids moyen observé et taux de croissance instantanée d' <i>Osmerus mordax</i> du lac Vert	22
FIGURE 4 : Facteurs de condition (K') moyens par groupe d'âge d' <i>Osmerus mordax</i> du lac Vert.....	25
FIGURE 5 : Histogramme de fréquence d' <i>Osmerus mordax</i> en migration durant la période de fraie en relation avec la température de l'eau du lac Vert	26
FIGURE 6 : Rapport gonadosomatique d' <i>Osmerus mordax</i> du lac Vert	29
FIGURE 7 : Rapport des sexes d' <i>Osmerus mordax</i> en période de migration reproductrice au lac Vert	31
FIGURE 8 : Taux de mortalité des oeufs d' <i>Osmerus mordax</i> au cours de leur développement dans les milieux d'eau pure, de glucose et d'acétate à $0,8 \text{ mmol.l}^{-1}$	41
FIGURE 9 : Longueur et taux instantané de croissance des larves d' <i>Osmerus mordax</i> en inanition dans les milieux d'eau pure, de glucose et d'acétate à $0,8 \text{ mmol.l}^{-1}$. Les flèches verticales correspondent à la fin de la période de résorption du vitellus et de la gouttelette d'huile. Les intervalles de confiance sont de 95% de probabilité	63
FIGURE 10: Longueur et taux instantané de croissance des larves d' <i>Osmerus mordax</i> sous condition d'alimentation dans les milieux d'eau pure, de glucose et d'acétate à $0,8 \text{ mmol.l}^{-1}$. Les flèches verticales correspondent à la fin de la période de résorption du vitellus et de la gouttelette d'huile. Les intervalles de confiance sont de 95% de probabilité	67
FIGURE 11: Taux de mortalité des larves d' <i>Osmerus mordax</i> dans les milieux d'eau pure, de glucose et d'acétate à $0,8 \text{ mmol.l}^{-1}$	71

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU I : Caractéristiques physiques et chimiques du tributaire au sud du lac Vert	9
TABLEAU II : Distribution d' <i>Osmerus mordax</i> selon les classes de longueurs, l'âge et le sexe, au lac Vert	20
TABLEAU III: Longueur d' <i>Osmerus mordax</i> au cours de la période de fraie, au lac Vert	28
TABLEAU IV : Degrés-jours cumulatifs d'incubation des oeufs d' <i>Osmerus mordax</i> dans les milieux d'eau pure, de glucose et d'acétate à 0,8mmol.l ⁻¹	40
TABLEAU V : Longueur totale et volume des réserves énergétiques des larves d' <i>Osmerus mordax</i> nouvellement écloses en milieu d'eau pure.....	43
TABLEAU VI : Comparaison des groupes de larves d' <i>Osmerus mordax</i> en mouvement avant et pendant l'alimentation selon l'intensité lumineuse et la vitesse du courant	52
TABLEAU VII: Comparaison de la position dans la colonne d'eau des groupes de larves d' <i>Osmerus mordax</i> selon l'intensité lumineuse et le courant d'eau	54
TABLEAU VIII:Comparaison du comportement d'alimentation et d'orientation des groupes de larves d' <i>Osmerus mordax</i> selon l'intensité lumineuse et la vitesse du courant d'eau	55
TABLEAU IX : Largeur de la bouche (mm) des larves d' <i>Osmerus mordax</i> et dimensions des larves d' <i>Artemia salina</i> (mm) nouvellement écloses	57
TABLEAU X : Efficacité d'utilisation du vitellus et de la gouttelette d'huile des larves d' <i>Osmerus mordax</i> dans les milieux d'eau pure, d'acétate et de glucose à 0,8 mmol.l ⁻¹	65

Chapitre I
INTRODUCTION

L'éperlan arc-en-ciel, Osmerus mordax, est un poisson pélagique vivant en bancs dans les lacs ou les régions côtières de la mer (Scott et Crossman, 1974). Selon ces auteurs, on rencontre dans plusieurs lacs des populations indigènes ou introduites.

L'éperlan est renommé comme poisson de table et de sport. Il est également important comme espèce fourrage pour les populations d'omble de fontaine (Hale, 1960). Au lac St-Jean, il constitue 80,7% du régime alimentaire de la ouananiche, 62,9% de celui du doré et 65,4% de celui du brochet du nord (Mahy, 1975). Enfin, McCaig et Mullan (1958) ont montré que, suite à l'introduction d'éperlans dans les réservoirs, une augmentation importante du taux de croissance du touladi, Salvelinus namaycush, et de la truite brune, Salmo trutta, avait été constatée.

Bien que plusieurs études sur la croissance de ce poisson aient été effectuées (Bailey, 1964; McKenzie, 1958; Baldwin, 1950; Saunders et Power, 1970), aucune ne porte sur sa croissance et sa migration reproductrice en rivière dans la région du lac St-Jean, au Québec. La connaissance de la croissance et de la reproduction des poissons est importante pour les pêcheries commerciales et sportives. Elle s'avère essentielle pour une exploitation rationnelle des ressources et pour axer les futurs aménagements du territoire en vue d'optimiser la production d'un milieu. C'est pourquoi nous

avons cru bon d'étudier l'éperlan en voie de migration reproductive au lac Vert.

Des tentatives d'élevages de larves d'éperlans ont été effectuées par Akielaszek et al. (1985) et Cooper (1978), mais les résultats escomptés n'ont pas été atteints suite d'une mortalité massive des larves à la transition de la nutrition endogène à exogène. La qualité des larves à l'éclosion est d'un intérêt considérable pour leur élevage (Rana, 1985). Springate et Bromage (1985), Knutsen et Tilsett (1985), Eldridge et al. (1981) et Rana (1985) ont montré une corrélation significative entre le poids sec des œufs et la longueur des larves. Bagenal (1969), Blaxter et Hempel (1963), Rana (1985) et Knutsen et Tilsett (1985) ont montré que la longueur des larves était reliée à leurs réserves énergétiques endogènes et celles-ci à la grosseur de l'oeuf. Eldridge et al. (1981) mentionnent que l'énergie endogène joue un rôle critique dans la survie, la croissance et la différenciation des larves. Hunter (1972) mentionne que l'efficacité du transfert énergétique endogène influence la longueur et la condition des larves après l'absorption des réserves permettant ainsi une meilleure nage, une recherche et une capture plus efficace des proies. Rosenthal et Hempel (1970) mentionnent que le taux de succès de capture augmente avec la longueur des larves de harengs.

Parallèlement, Potts et Rudy (1969) ont démontré la per-

méabilité de la capsule de l'oeuf de Salmo salar et de celle de la membrane vitelline durant le développement embryonnai-re. D'ailleurs Mounib et Eisan (1969) et Terner (1968) ont prouvé que l'oeuf de saumon, Salmo salar, et celui de la truite arc-en-ciel, y compris la larve, pouvaient métaboliser un substrat exogène. De plus, Terner et al. (1968) ont démontré l'incorporation de l'acétate à 0,8 mmol.l⁻¹ chez l'embryon de la truite arc-en-ciel. Terner (1968) mentionne qu'il est probable que ce mécanisme se produise en nature, et qu'il peut être utilisé à l'avantage des pisciculteurs.

De plus, la transition de la nutrition endogène à exogène, au cours du développement larvaire, est considérée comme étant une période critique pour la survie des larves de poissons (Eldridge et al., 1981; Wiggins et al., 1985). Le succès de culture de plusieurs espèces de poissons est généralement dépendant de cette transition (Malhotra et Munski, 1985; Wiggins et al., 1985). Kinne (1977) mentionne que plusieurs larves refusent de se nourrir quand elles ne rencontrent pas certaines conditions bien spécifiques: courant d'eau, intensité lumineuse et grosseur de nourriture. Kiyono et Hirano (1981) ont montré que la consommation de nourriture et la croissance en longueur de Mylio macrocephalus était plus grande à 30 000 lx. Dabrowski (1984) mentionne que certaines caractéristiques sont requises pour que les larves de poissons se nourrissent, soit le goût et la grosseur des aliments, auxquels s'ajoutent certains facteurs

abiotiques. Caprio (1982) mentionne la réponse élevée des récepteurs gustatifs du poisson-chat au L-alanine et au L-arginine à 10^{-2} mmol.l⁻¹. Carr (1982) ajoute que le bétaine en présence d'autres acides aminés contribuent à augmenter le comportement de nutrition. De plus, Corazza et Nickum (1981) mentionnent que les facteurs modifiants le comportement de nutrition des larves ont des effets sur leurs comportements et leurs survies, ce qui est d'une importance déterminante pour leur élevage en pisciculture. Une meilleure connaissance de la biologie des larves d'éperlans est nécessaire si on veut entreprendre son élevage en pisciculture.

Afin d'augmenter la qualité des larves et d'en améliorer l'élevage, nous avons cru important d'étudier, premièrement les effets du glucose et de l'acétate à 0,8 mmol.l⁻¹ sur leur développement embryonnaire et leur condition à l'éclosion, deuxièmement le comportement des larves en fonction de l'intensité lumineuse, de la vitesse du courant d'eau et du type de nourriture, et finalement les effets du glucose et de l'acétate à 0,8 mmol.l⁻¹ sur le développement larvaire et d'une alimentation à base d'une moulée d'omble de fontaine additionnée de L-alanine, de L-arginine et de bétaine à 10 mmol.l⁻¹.

Chapitre II
MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 Description du milieu

L'étude s'est échelonnée du 28 avril au 14 juillet 1986, au lac Vert au Québec. Elle a porté sur une population d'éperlans, Osmerus mordax, frayant dans un petit tributaire situé au sud du lac. Ce dernier se situe à 48°22' lat. N. et 71°38' long. O. (fig. 1).

Le tableau I décrit les caractéristiques physiques et chimiques du tributaire. Toutes ces mesures ont été effectuées à l'emplacement des captures des éperlans. Le lit du tributaire, d'une largeur de 2 à 4 m, se composait principalement de sable et de graviers en aval, et de graviers et de roches en amont de la station d'échantillonnage.

La berge du tributaire, après avoir subi un déboisement, a été recouverte de sable fin afin d'aplanir le terrain. La forte précipitation du 7 mai a provoqué une importante augmentation de la turbidité de l'eau. Elle est passée de 5 à 63 mg.l⁻¹. Du 28 avril au 19 mai, les températures minimale et maximale enregistrées furent de 3 à 15°C.

2.2 Croissance en longueur et en poids

L'engin de pêche utilisé pour la capture des éperlans était une cage métallique de 6 mm de mailles et munie d'une ouverture en forme d'entonnoir. Des ailerons de mailles identiques bordaient chaque côté de celle-ci.

LATITUDE NORD : 48° 22'
LONGITUDE OUEST : 71° 38'
ALTITUDE : 135 m

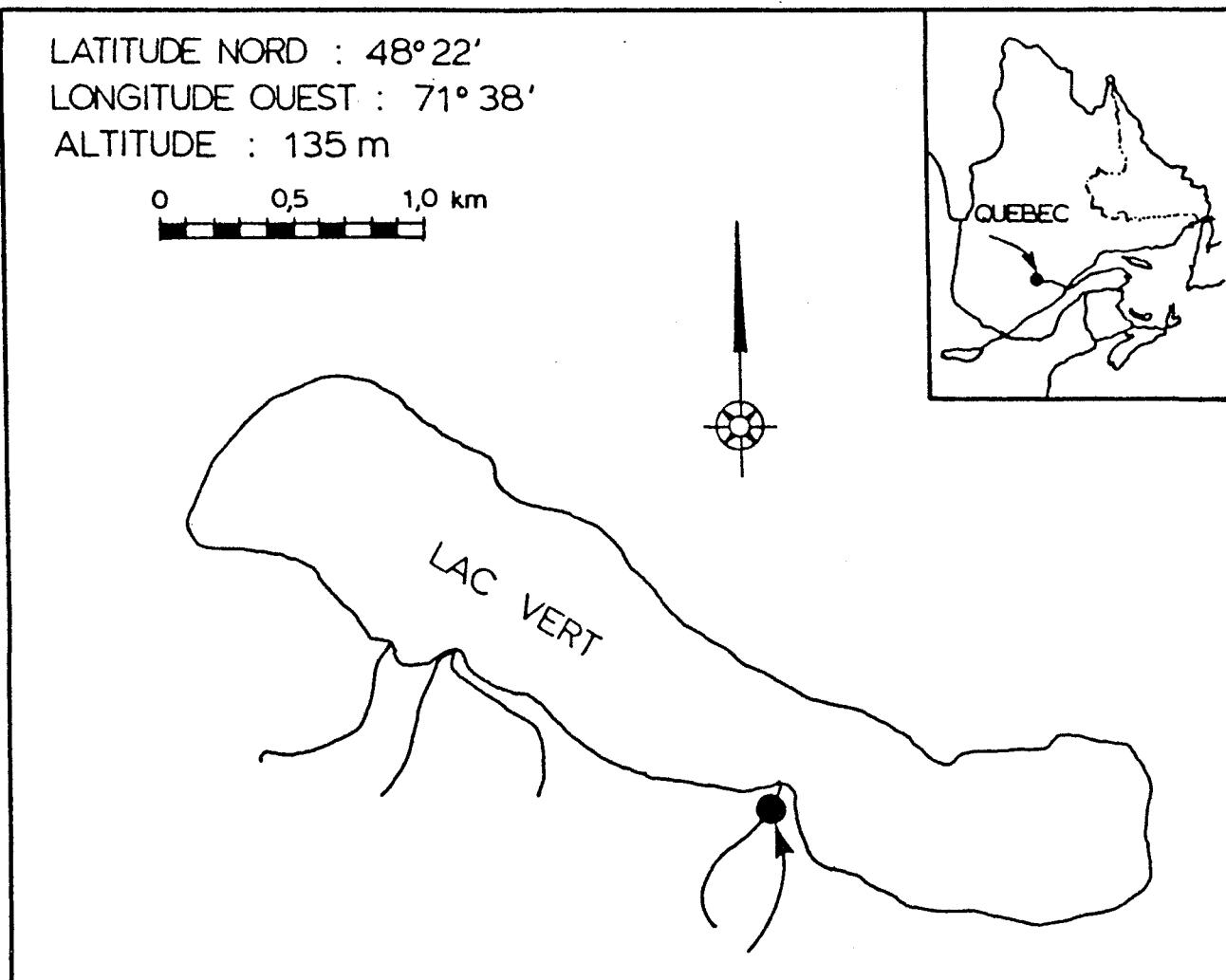
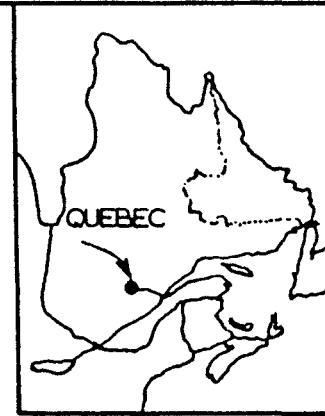
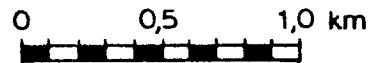


FIGURE 1 : Localisation de la station d'échantillonnage au lac Vert, Québec.

TABLEAU I : Caractéristiques physiques et chimiques du tributaire au sud du lac Vert.

<u>VARIABLE</u>	
Vitesse du courant	$0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
Profondeur	0,49 m
Turbidité	
- 1er mai 1986	$5 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$
- 7 mai 1986	$63 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$
pH	7,2
O ₂ dissous	$11,3 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ (93% sat.)

Les levées s'effectuaient à toutes les périodes de 30 -60 minutes du début à la fin de la montée des poissons dans le tributaire. Au cours de la période de fraie, la montée débutait au coucher du soleil jusqu'à 2 ou 3 h du matin. À chacune des levées, on dénombrait le nombre total de poissons capturés; quelques spécimens étaient conservés dans 10% de formaldéhyde, soit au total 200 femelles et 720 mâles.

La détermination de l'âge des éperlans a été effectuée selon la méthode des écailles utilisée par McKenzie (1958), Bailey (1964), et Luey et Adelman (1984). Aucun rétrocalcul n'a été nécessaire étant donné que tous nos spécimens ont été capturés au début de mai, soit avant que débute la période de croissance estivale.

Pour les deux sexes, la relation poids-longueur et le facteur de condition (K) de Fulton (1911) ($K = Wt / Lt^3 \cdot 100$) ont été calculés tel que décrit dans Bagenal (1978). Le poids a été mesuré au 0,1 g près et la longueur au 0,1 cm près. On a évalué un facteur de condition (K') correspondant au poids total moins le poids des gonades. Les gonades de 124 femelles et de 375 mâles ont été prélevées et mesurées au 0,1 g près, en vue d'établir le rapport gonadosomatique selon la formule:

$$Rga = Wg / (Wt - Wg) \cdot 100$$

où Rga représente le rapport gonadosomatique, Wg , le poids des gonades, et Wt le poids total.

On a établi des droites de régression logarithmique des relations longueur-âge, poids-âge et poids-longueur pour les deux sexes. De plus, le taux de croissance instantanée a été calculé selon la méthode de Ricker (1980).

Les ovaires des femelles ont été lavés à l'eau et séchés pendant 48 h à 60°C. La fécondité individuelle était calculée par la proportion directe du poids moyen de 1 000 œufs et du poids total des œufs au 0,01 mg près.

Les analyses statistiques des droites de régression, de variance, de covariance, de test de student et de chi-carré ont été calculées à l'aide du programme statistique SPSS-X par les procédures de REGRESSION, ANOVA et MANOVA.

2.3 Incubation et mortalité des œufs

L'expérimentation s'est déroulée dans une serre extérieure expérimentale et isolée avec une toile à base de polyester et de couches d'aluminium généralement utilisée pour la conservation de l'énergie dans les serres pépinières la nuit. Cette toile fut déposée à l'envers et sous le revêtement plastique-polythène de la serre de manière à réfléchir les rayons du soleil et à avoir un effet contraire à son utilisation normale, c'est-à-dire à la conservation d'énergie. Cette mise en place provoquait une réduction d'effet de serre mais aussi une réduction d'éclairage solaire. Il est à noter qu'un ventilateur de 60 cm de diamètre

était placé près du plafond à une extrémité de la serre.

La pisciculture expérimentale était alimentée avec l'eau municipale de Chicoutimi préalablement filtrée à travers du charbon activé et des filtres millipores de 5 et 15 μm . L'eau circulait par la suite dans des tubes sous ultraviolet pour se déverser dans un réservoir de 375 l et se distribuer dans les bassins rectangulaires d'incubation, peints en noir avec de la peinture époxy.

La méthode sèche a été utilisée pour la fécondation artificielle des oeufs telle que décrite dans Huet (1960). Sept géniteurs de chaque sexe ont servi à la fécondation artificielle.

Des claires d'une dimension de 25 x 50 cm étaient déposées selon une pente de 4° dans le sens du courant à l'intérieur de trois bassins rectangulaires de 615 x 36 x 17 cm. Un bassin était utilisé pour une incubation en milieu de glucose, un autre pour un milieu d'acétate et le troisième pour un milieu d'eau pure sans aucune addition. Le débit d'eau était maintenu à 250 ml.min⁻¹ sur une période de 12 h durant le jour. La température de l'eau de chaque bassin était enregistrée à toutes les heures. L'eau se maintenait entre 9 et 13°C et le pourcentage de saturation en oxygène dissous variait de 80 à 95%.

Un volume d'oeufs de 60 ml a été réparti sur neuf

claires faites en toile de polyester noire de 500 µm et divisées en carrés de cinq cm. Le pourcentage de mortalité des œufs a été effectué par dénombrement ponctuel et quotidien des œufs morts durant les trois premiers jours et à tous les deux jours par la suite. Les bassins étaient maintenus à l'obscurité durant l'incubation à l'aide d'un couvercle opaque. Lors du dénombrement, d'une durée de 10 à 15 min par claire, l'ouverture des couvercles provoquait une entrée lumineuse maximale de 500 lx.

Les milieux de glucose et d'acétate ont été maintenus respectivement à une concentration de 0,08 mmol.l⁻¹ à l'aide de D-dextrose et de l'acétate de sodium.

2.4 Mensurations des larves

La longueur des larves a été mesurée au 0,05 mm près sous un grossissement de 12 et 25X. La longueur et la hauteur du vitellus protéique et de la gouttelette d'huile ont été mesurées sous un grossissement de 50X à un degré de précision de 0,01 mm près. Le volume des réserves énergétiques a été calculé selon la formule $V = \pi/6 L H^2$ (Quantz, 1985).

2.5 Orientation et alimentation des larves en fonction de l'intensité lumineuse, du courant d'eau et du type de nourriture.

L'étude porte sur les larves avec leur sac vitellin et débute à la journée suivant l'éclosion soit à l'ouverture de la bouche. Six groupes de larves ont été étudiés en milieu

fermé dans des réservoirs de 500 ml dont la moitié du volume d'eau était renouvelée à chaque 12 h. On a utilisé l'eau municipale de Chicoutimi préalablement filtrée à travers du charbon activé et des filtres millipores de 5 et 15 μm pour par la suite circuler dans des tubes sous ultraviolets. Une pierre millipore à bullage placée dans chacun des réservoirs oxygénait le milieu. L'expérience a duré 3 jours et la température de l'eau se situait entre 9 et 12°C.

La profondeur des bassins se partageait en trois sections égales et on notait lors des séances d'observation l'endroit auquel plus de 50 % des larves se situaient selon les indices suivants: 2) fond, 4) milieu ou 6) surface de l'eau. De même, on notait de façon qualitative la présence d'orientation et d'alimentation de plus de 50% des larves en mouvement quand on distribuait la nourriture dans un coin du réservoir selon les indices suivants: 0) aucune orientation ni alimentation, 1) aucune alimentation mais orientation, 2) orientation et alimentation d'une durée moins de 5 min, 3) orientation et alimentation plus de 5 min. Le pourcentage de larves en mouvements (nage active) a été évalué selon les indices suivants: 1) 0-19%, 2) 20-39%, 3) 40-59%, 4) 60-79%, et 5) 80-100% de larves en mouvement.

Les larves ont été alimentées avec des granulés pour omble de fontaine en provenance de Nutribec Lté. Il est à noter qu'un septième groupe (G) a été alimenté avec ce même

aliment mais additionnée de L-argiline, de L-alanine et de bétaine à une concentration de 10 mmol.l^{-1} . À ce septième groupe, on a enregistré exclusivement les indices de la présence d'orientation et d'alimentation des larves. L'aliment initial fut broyée puis homogénéisée pour donner deux parties de 500 ml. Une partie a été mélangée avec 75 ml d'eau distillée et l'autre avec 75 ml d'eau distillée additionnée des trois acides aminés en question à une concentration de 10 mmol.l^{-1} . Après un séchage à une température de 60°C durant 12 h, l'aliment a été tamisé en vue d'obtenir des particules alimentaires entre 125 et 250 μm . De plus, des larves d'Artemia salina nouvellement écloses ont été mesurées afin d'évaluer si elles pouvaient être fournies aux larves d'éperlans au stade de l'ouverture de la bouche. Il est à noter que les bassins ont été peints en noir avec de la peinture époxy pour augmenter le contraste entre les particules alimentaires et les parois.

Chaque groupe de larves fut observé 5 fois par jour pendant 10 minutes lors de chaque alimentation des larves, soit 5 min d'observation avant et 5 min pendant les périodes d'alimentation. Les indices ont été notés à toutes les 20 secondes au cours des périodes d'observations. Les groupes étaient exposés à une photopériode de 16:8 d⁻¹ et maintenus à une intensité lumineuse de 500 lx à la surface de l'eau en dehors des périodes d'alimentation. Lors des périodes d'alimentations, les groupes de larves A, B et C ont été sou-

mis à une vitesse de courant nul et à une intensité lumineuse respective à la surface de l'eau de 500, 2 000 et 17 000 lx. Les groupes de larves D, E et F ont été exposés à une vitesse de courant de 30 à 70 mm.s⁻¹ à l'aide d'une pierre millipore et à une intensité lumineuse respective de 500, 2 000 et 17 000 lx à la surface de l'eau. L'augmentation de l'intensité lumineuse s'est faite en une seule séquence. L'éclairage provenait de tubes fluorescents clairs et l'intensité lumineuse désirée s'obtenait soit par leur éloignement ou leur rapprochement par rapport à la surface des bassins. Les analyses statistiques ont été calculées partir d'un test de type non-paramétrique pour des variables discrètes et de valeurs limitées (Snedecor et Cochran 1980).

2.6 Développement des larves en eau pure et dans deux milieux de matière organique.

Sept groupes de 50 larves ont été étudiés dont quatre sous condition d'alimentation et trois autres sous condition d'inanition. Les larves étaient échantillonnées au hasard, anesthésiées au MS122 et puis mesurées. Après réanimation basée sur une nage synchronisée, elles furent remises dans leurs bassins respectifs. La moitié du volume d'eau, oxygénée par une pierre millipore, fut renouvelée à chaque 12 h soit au même moment que le prélèvement et le dénombrement des larves mortes. Les groupes étaient exposés à une photo-période de 16:8 d⁻¹ et à une intensité lumineuse de 2 000 lx. Il est à noter que pour les quatre groupes de larves

soumises aux cinq périodes d'alimentation journalière, l'intensité lumineuse fut augmentée de 15 000 lx, soit de 2 000 à 17 000 lx, et la pierre millipore était ajustée pour créer un courant de 30 à 70 mm.s⁻¹ à la surface de l'eau. Trois groupes de larves ont été alimentés avec des granulés pour omble de fontaine en provenance de Nutribec Ltée, et le quatrième groupe fut alimenté avec le même aliment mais additionné de L-alanine, de L-arginine et de bétaine à 10 mmol.l⁻¹.

Il nous a été possible d'établir une relation linéaire de la forme $V = b - m \log t$, ``m'' étant le taux de diminution des volumes (mm³) des réserves énergétiques, ``V'', le volume des réserves énergétiques et ``b'', le volume des réserves au temps $t = 0$. L'efficacité d'utilisation des réserves énergétiques pour la croissance a été calculée selon la méthode décrite par Blaxter (1969):

$$\text{Efficacité} = \frac{(\log L_{t(x+1)} - \log L_{t(x)})}{(\log V_{t(x+1)} - \log V_{t(x)})}$$

où log L représente la longueur totale des larves au temps (x+1) et au temps ``x'' et log V le volume de la gouttelette d'huile ou du vitellus au temps (x+1) et au temps ``x''. Le taux de croissance instantanée a été calculé selon la méthode de Ricker (1980).

Chapitre III

CROISSANCE ET REPRODUCTION D'UNE POPULATION D'ÉPERLANS,
OSMERUS MORDAX, EN MIGRATION REPRODUCTRICE
AU LAC VERT, QUÉBEC.

3.1 RÉSULTATS

3.1.1 Croissance en longueur et en poids

La relation logarithmique de la longueur totale (Lt) et du poids total (Wt) en fonction du groupe d'âge sont chez les mâles $\log Lt = 0,622 \log (\text{âge}) + 0,747$ ($r = 0,58$; $P < 0,05$; $n = 689$) et $\log Wt = 2,01 \log (\text{âge}) - 0,03$ ($r = 0,57$; $P < 0,05$; $n = 689$), et chez les femelles $\log Lt = 0,722 \log (\text{âge}) + 0,692$ ($r = 0,60$; $P < 0,05$; $n = 153$) et $\log Wt = 2,31 \log (\text{âge}) - 0,21$ ($r = 0,57$; $P < 0,05$; $n = 153$). Ces coefficients de corrélation faibles résultent de la variabilité de la longueur et du poids des spécimens entre les groupes d'âge. En effet, le tableau II donne la distribution des 869 poissons selon les classes de longueur, les groupes d'âge et les sexes, et on constate un intervalle de longueur de 7,5 à 12,4 pour le groupe d'âge II, de 7,5 à 20,4 pour le groupe d'âge III et de 7,5 à 23,4 pour le groupe d'âge IV. Une analyse de covariance de ces équations entre les sexes selon la longueur et le poids révèle une égalité des pentes ($F = 1,66$; $P > 0,05$ et $F = 1,28$; $P > 0,05$), et une différence significative des ordonnées à l'origine ($F = 224,83$; $P < 0,01$ et $F = 209,85$; $P < 0,05$). La croissance en longueur et en poids sont donc supérieurs chez les mâles. Au groupe d'âge V et VI, on a observé une longueur moyenne de 170 et de 193 mm et un poids moyen de 34,7 et de 38,0 g. chez les femelles, et une longueur de 175 et de 200 mm et un poids

TABLEAU II : Distribution d'Osmerus mordax selon les classes de longueurs, l'âge et le sexe, au lac Vert.

INTERVALLE DE LONGUEUR (cm)	GROUPES D'ÂGE													
	II		III		IV		V		VI		VII			
	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F		
7,5- 8,4	16	5	25	7	1	1								
8,5- 9,4	59	10	123	26			5							
9,5-10,4	30	3	107	25	14	10								
10,5-11,4	6		50	10	17	4			1					
11,5-12,4	3		24	7	18	4								
12,5-13,4			13	1	15	1								
13,5-14,4			22		18	2			1					
14,5-15,4			21	4	21	1			2					
15,5-16,4			18	4	14	2			1					
16,5-17,4			8	2	14	5			1	1				
17,5-18,4			8	3	14	2			2	2				
18,5-19,4			1	1	5	1			1	2		2	1	
19,5-20,4			1		3	3			2	1		1		
20,5-21,4					2	1			1			1		
21,5-22,4					1	1						1		
22,5-23,4						1								
NOMBRES	114	18	421	90	162	39	8	10	5	1	1	0		
LONGUEUR (cm)	9,2	8,8	10,9	10,8	14,1	14,2	17,5	17,0	20,0	19,3	21,4	-		

M: mâles
F: femelles

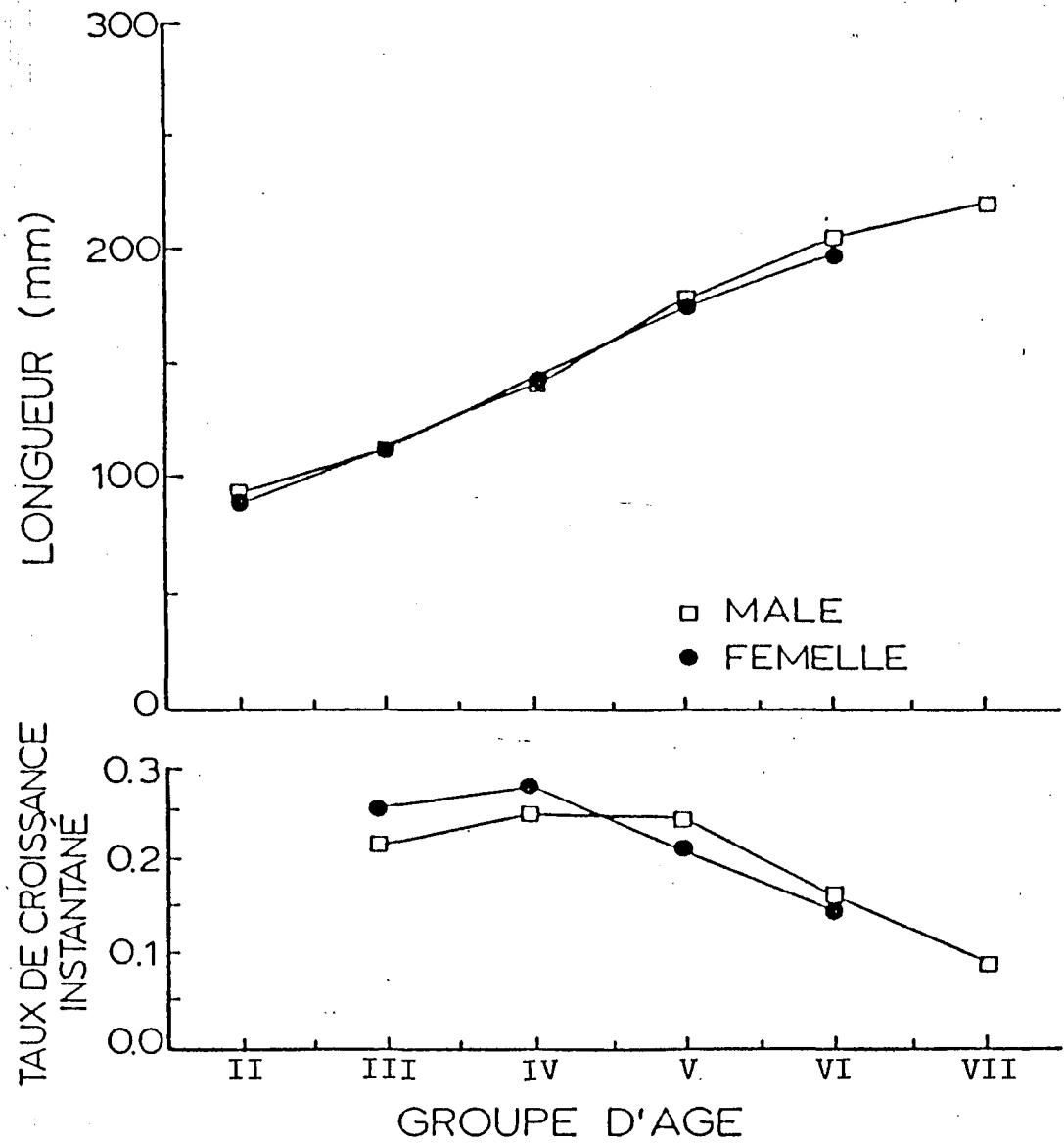


FIGURE 2 : Longueur moyenne observée et taux de croissance instantanée d'*Osmerus mordax* du lac Vert.

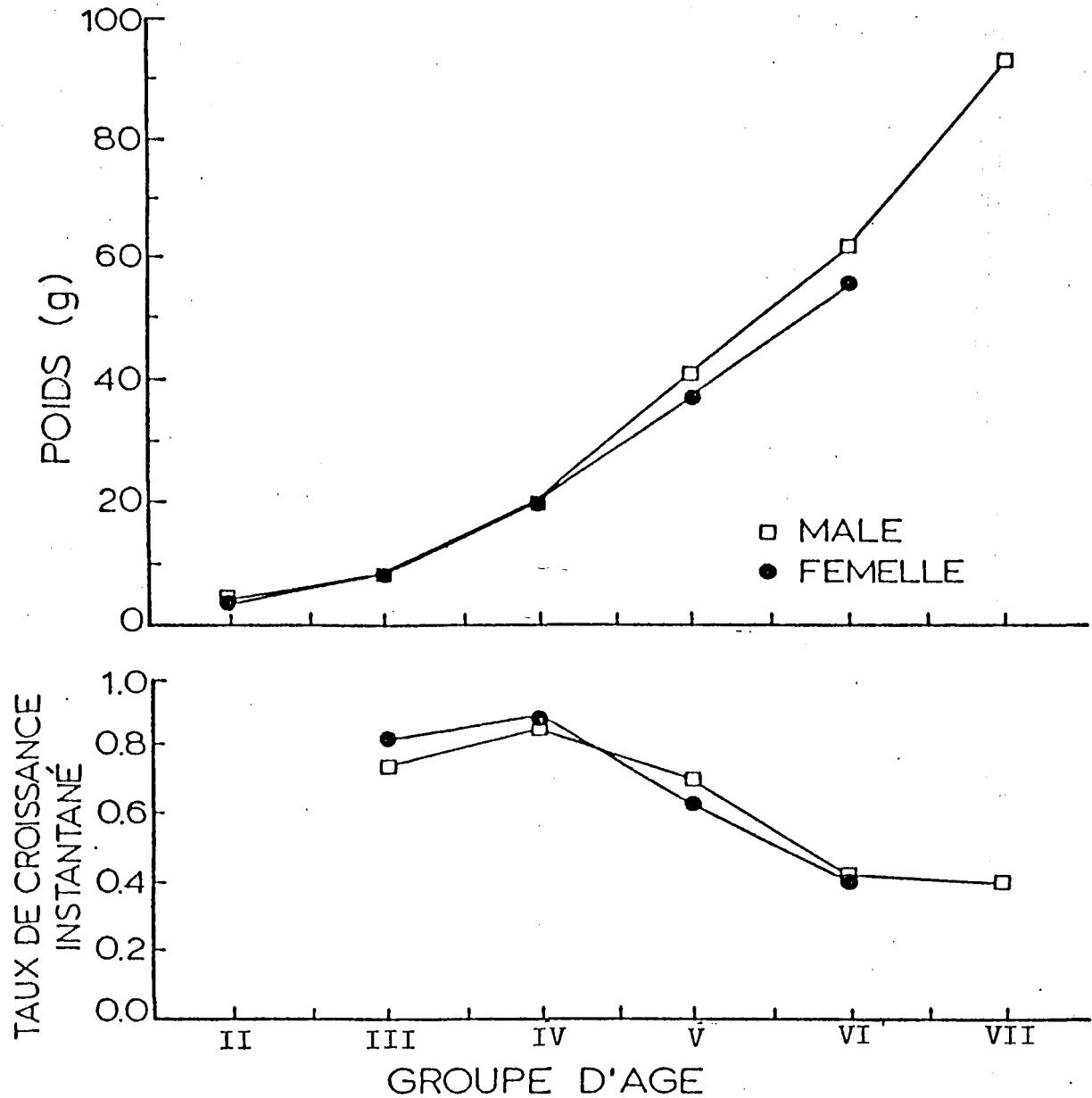


FIGURE 3 : Poids moyen observé et taux de croissance instantanée d'*Osmerus mordax* du lac Vert.

de 38,0 et de 58,6 g. chez les mâles (figure 2 et 3). Pour les deux sexes, le taux de croissance instantanée en longueur et en poids sont maximaux au groupe d'âge IV avec 0,27 et 0,89 pour les femelles, et de 0,25 et 0,83 pour les mâles.

Les droites de régression de la relation poids-longueur sont représentées chez les mâles par l'équation $\log W_t = 3,23 \log L_t - 2,43$ ($r = 0,98$; $P < 0,05$; $n = 707$) et chez les femelles par $\log W_t = 3,29 \log L_t - 2,51$ ($r = 0,98$; $P < 0,05$; $n = 158$). L'analyse de covariance ne révèle aucune différence significative entre les pentes ($F = 2,36$; $P > 0,05$) mais un écart significatif entre les ordonnées à l'origine ($F = 16,107$; $P < 0,05$). Ainsi, pour une longueur donnée, les mâles possèdent un plus grand poids. Un test de Student a montré que les pentes de ces droites sont significativement supérieures à 3 ($t = 5,53$; $P < 0,05$; $df = 698$ chez les mâles et $t = 12,35$; $P < 0,05$; $df = 156$ chez les femelles). En soustrayant le poids des gonades du poids total, on a vérifié que ces pentes exprimant un taux de croissance allométrique, ne sont pas dues au poids des gonades.

L'analyse de variance du facteur de condition (K) révèle une égalité des moyennes entre les sexes ($F = 1,64$; $P > 0,05$) et une différence significative entre les groupes d'âge ($F = 8,87$; $P < 0,05$). Toutefois, l'analyse de

variance du facteur de condition (K') montre une différence significative entre les sexes ($F = 32,3$; $P < 0,05$) et entre les groupes d'âge ($F = 14,3$; $P < 0,05$). La figure 4 illustre le facteur de condition (K') moyen observé par groupe d'âge. Le facteur de condition moyen (K') des femelles est de 0,577 comparativement à 0,617 chez les mâles. Le facteur de condition (K') maximal est de 0,638 chez les femelles au groupe d'âge IV, et chez les mâles leur condition croît de 0,589 au groupe d'âge II à 0,924 au groupe d'âge VII.

3.1.2 Reproduction

La période de fraie s'est échelonnée sur 22 jours, soit du 28 avril au 19 mai 1986. La figure 5 présente le dénombrement des poissons qui ont migré (d^{-1}) en relation avec la température de l'eau. Le 2 et 3 mai, on remarque l'absence d'éperlans dans le tributaire suite à une chute de température à 3°C. La migration reprend le 4 mai avec 1 370 poissons et atteint 3 487 le 6 mai à une température de 6°C. La migration s'effectue de préférence entre 4 et 9°C. La forte turbidité enregistrée le 7 mai est associée avec une importante diminution de la migration (249), malgré une température optimale de l'eau. Au tableau II, on constate que plus de 46% des poissons ont une longueur comprise entre 8,5 et 10,4 cm avec des extrêmes de 7,5 à 24,4 cm. Au groupe d'âge III, on retrouve plus de 59,3% de mâles et 44,1% de femelles.

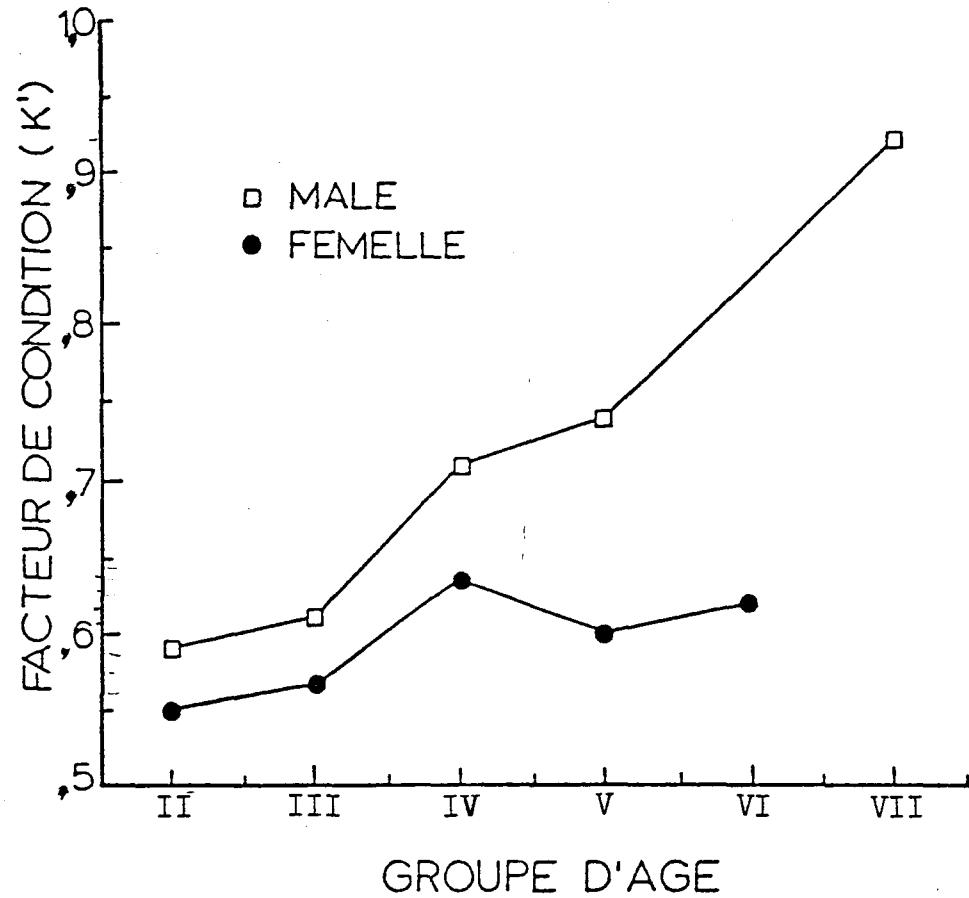


FIGURE 4 : Facteur de condition (K') moyen par groupe d'âge d'*Osmerus mordax* du lac Vert.

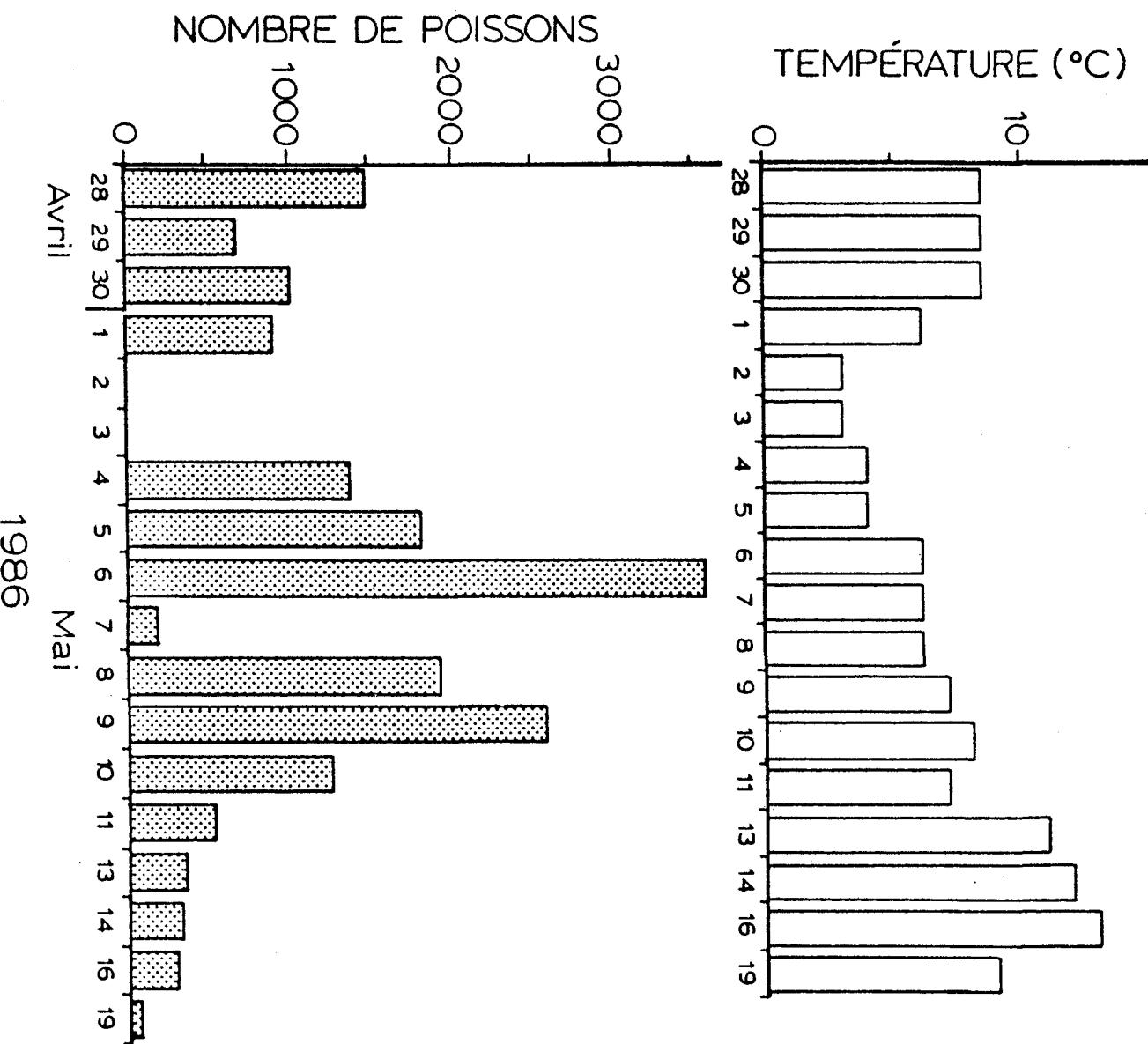


FIGURE 5 : Histogramme de fréquence d'*Osmerus mordax* en migration durant la période de fraie en relation avec la température de l'eau du lac Vert.

les. Les plus vieux spécimens ont 7 ans chez les mâles et 6 ans chez les femelles.

Les longueurs moyennes au cours de la période de fraie sont illustrés au tableau III. Le poids total (Wt) et la longueur totale (Lt) chez les deux sexes tendent à diminuer avec l'avancement de la période de fraie. En effet, les droites de régression de la longueur totale et du poids total en fonction de la période de fraie (J) chez les mâles et les femelles sont respectivement de $Lt = 12,47 - 0,12 J$ ($r = -0,19; P < 0,05; n = 707$) et $Wt = 17,72 - 0,61 J$ ($r = -0,23; P < 0,05; n = 707$), et de $Lt = 14,26 - 0,24 J$ ($r = -0,35; P < 0,05; n = 158$) et $Wt = 27,03 - 1,16 J$ ($r = -0,35; P < 0,05; n = 158$). Malgré de faibles coefficients de corrélation, l'analyse de covariance indique que les taux de diminution de la longueur et du poids des mâles sont significativement plus faibles ($P < 0,05$) que ceux des femelles. Cela indique que la diminution de la longueur et du poids total est plus important chez les femelles.

Le rapport gonadosomatique des mâles et des femelles en fonction des groupes d'âge est illustré à la figure 6. Ce rapport est de 11,41 chez les femelles comparativement à 1,58 pour les mâles. L'analyse de variance révèle une différence significative des rapports gonadosomatiques moyens entre les groupes d'âge chez les femelles ($F = 5,62; P < 0,05; n = 124$), mais aucun écart significatif de ce rapport

TABLEAU III : Longueur d'Osmerus mordax au cours de la période de fraie, au lac Vert.

DATE	MÂLE		FEMELLE	
	N	L _t	N	L _t
86-04-28	71	11,3	11	13,8
86-04-29	53	13,5	6	16,8
86-04-30	49	13,5	4	11,5
86-05-01	50	11,6	5	16,2
86-05-02	0	-	0	-
86-05-03	0	-	0	-
86-05-04	85	11,3	21	11,2
86-05-05	47	11,4	6	10,7
86-05-06	54	10,4	26	10,9
86-05-07	34	15,5	14	17,2
86-05-08	77	10,9	13	10,7
86-05-09	78	11,5	19	11,8
86-05-10	56	11,0	3	13,3
86-05-11	13	13,9	0	-
86-05-13	8	9,6	4	10,2
86-05-14	23	10,4	4	9,7
86-05-16	19	10,4	14	10,5
86-05-19	3	7,6	50	10,5

N: nombre de spécimens

L_t: longueur totale

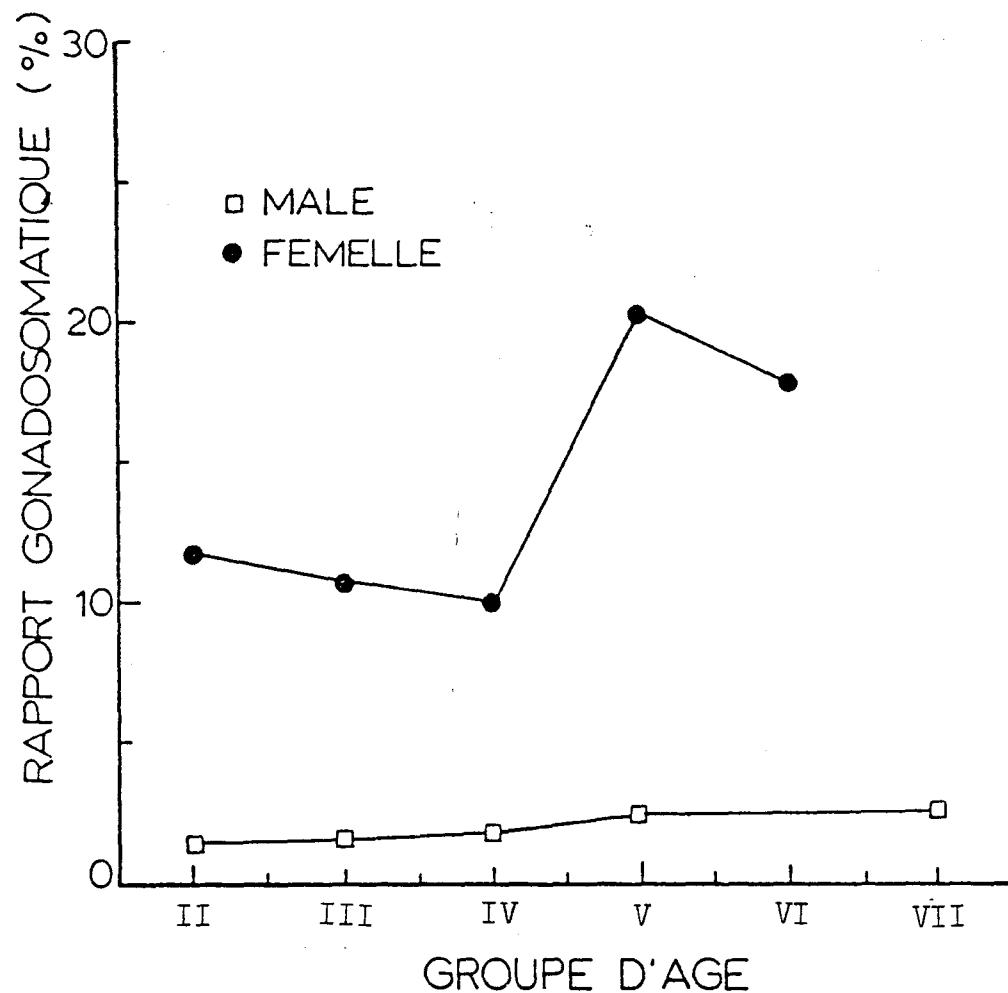


FIGURE 6 : Rapport gonadosomatique d'Osmerus mordax du lac Vert.

entre les groupes d'âge n'est observé chez les mâles ($F = 1,48$; $P > 0,05$; $n = 375$). Les droites de régression du rapport gonadosomatique (R_{ga}) en fonction de la période de fraie (J) sont: $R_{ga} = 11,54 - 0,01 J$ ($r = -0,01$; $P > 0,05$; $n = 124$) pour les femelles, et $R_{ga} = 2,29 - 0,07 J$ ($r = -0,26$; $P < 0,05$; $n = 375$) pour les mâles. Ceci indique une diminution significative du rapport gonadosomatique au cours de la période de fraie chez les mâles. Une analyse de variance de ce rapport par classe de longueur n'indique aucun écart significatif ($F = 1,35$; $P > 0,05$) pour les femelles et ($F = 1,27$; $P > 0,05$) pour les mâles. Ceci confirme donc que la diminution du rapport gonadosomatique n'est pas due à la diminution de la longueur moyenne des mâles.

La figure 7 montre la dominance des mâles durant la période de fraie. Les femelles sont plus nombreuses (79,2 %) seulement le 19 mai. La droite de régression de la relation du nombre d'oeufs (F) en fonction de la longueur (Lt) a donnée $F = 3,02 \log Lt - 2,61$ ($r = 0,94$; $P < 0,05$; $n = 124$). Enfin, aucune relation significative ($P > 0,05$) ne fût observée entre le diamètre moyen des oeufs et les classes de longueur et les groupes d'âge.

3.2 DISCUSSION

Les relations des longueurs et des poids en fonction des groupes d'âge démontrent que les mâles sont plus longs et gros que les femelles à tous les groupes d'âge. Au lac

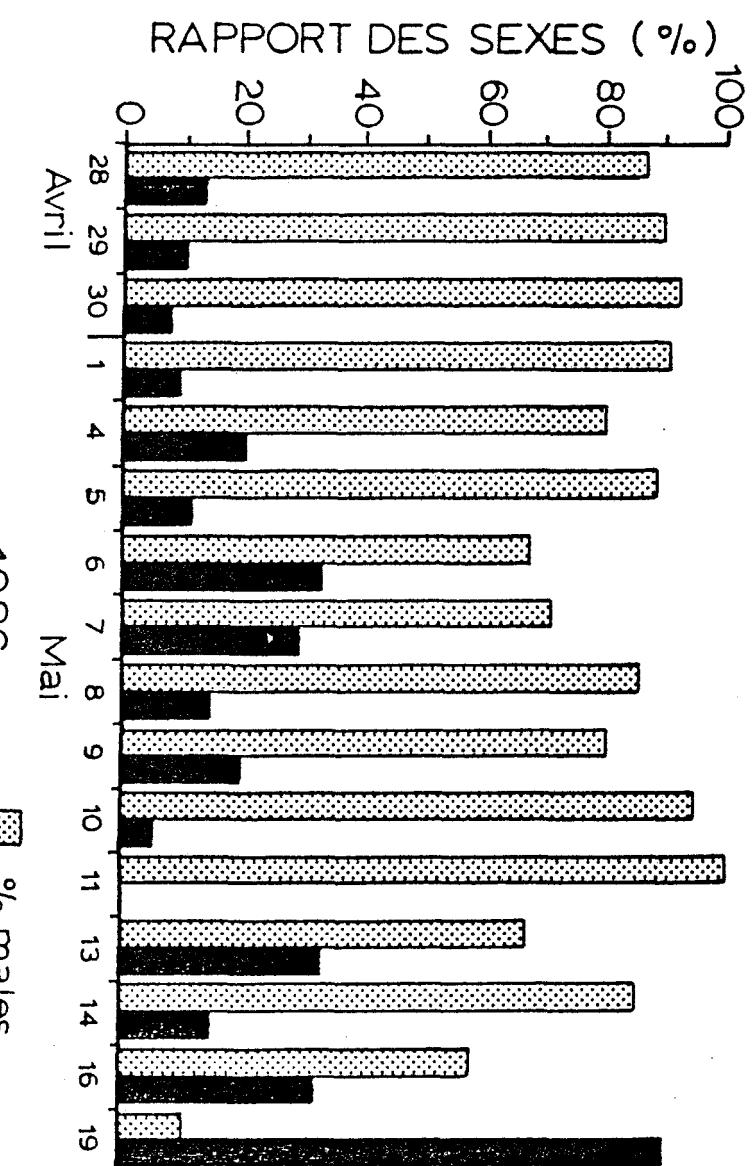


FIGURE 7 : Rapport des sexes d'*Osmerus mordax* en période de migration reproductrice au lac Vert.

Supérieur, Jilek et al. (1979) ont montré que les femelles atteignaient un poids plus élevé aux trois premiers groupes d'âge, et qu'au-delà les mâles étaient plus gros. En ce qui concerne la longueur, ces auteurs ont trouvé que les femelles avaient une longueur supérieure aux mâles pour tous les groupes d'âge, sauf à 2 ans. McKenzie (1958) à la rivière Miramichi, Gritsenko et al. (1984) à l'île Sakhalin et Lalancette (1986) au lac St-Jean ont noté que les mâles étaient plus petits que les femelles. En revanche Bailey (1964), au lac Supérieur a observé que les femelles étaient toujours plus longues et plus grosses, à l'exception du groupe d'âge 11. De plus, Burdidge (1969) a de même noté une grande variabilité de la longueur des éperlans dans les groupes d'âge.

Pour tous les groupes d'âge, les éperlans du lac Vert sont plus petits que ceux du lac Gull (Burdidge 1969), du lac Supérieur (Luey et Adelman 1984), de la rivière Miramichi (McKenzie 1958) et du lac St-Jean (Lalancette 1986), mais ils sont plus grands que la population étudiée à l'ouest du lac Supérieur (Bailey 1964).

Warfel et al. (1943) ont noté un taux de croissance allométrique favorisant le poids des éperlans (3,59) dans la Grande Baie au New Hampshire. D'après les données de McKenzie (1958), le taux de croissance obtenu a été de 3,02 à la rivière Miramichi, et celui de Burdidge (1969) au lac

Gull, de 2,95. Bailey (1964) au lac Supérieur, Lalancette (1986) au lac St-Jean et Beckman (1942) au lac Crystal ont obtenu respectivement 2,95, 2,31 et 2,81. À l'exception des spécimens de la Grande Baie, on voit que les éperlans du lac Vert ont un taux de croissance plus élevé qu'ailleurs et une tendance à avoir une taille trapue durant leur croissance. Ainsi, au lac Vert, un poisson de 14,0 cm de longueur pèse 31,7 g si c'est une femelle et 35,5 g si c'est un mâle. Au lac St-Jean, il était de 15 g (Lalancette, 1986), de 25 g dans la rivière Miramichi (McKenzie, 1958), et de 25 g dans la rivière Matamek (Saunders et Powers, 1970).

Pour tous les groupes d'âge, les mâles sont en meilleure condition que les femelles. Toutefois elle est inférieure à celle des autres populations. En effet, Jilek et al. (1979) au lac Erié ont observé un facteur de condition de 0,605 chez les mâles et de 0,591 chez les femelles. En revanche les données de McKenzie (1958) nous indiquent que pour chaque groupe d'âge, les femelles (1,007) sont en meilleure condition que les mâles (0,995), et il en est de même pour Bailey (1964) au lac Supérieur, sauf pour le groupe d'âge IV.

D'après les données de McKenzie (1958), Bailey (1964), Burdidge (1969), Luey et Adelman (1984) et Lalancette (1986), les taux de croissance instantanée maximaux en longueur et en poids sont atteints au groupe d'âge III. On remarque donc que les éperlans du lac Vert, possèdent des

taux maximaux plutôt tardifs. Les données de Hale (1960) indiquent que le taux de croissance instantanée maximal est à 4 ans pour trois sites différents des grands lacs.

On conclut que les éperlans du lac Vert sont petits comparativement aux autres populations et possèdent un faible facteur de condition, malgré un taux de croissance allométrique élevé favorisant le poids. À notre avis, si la population reproductrice est représentative de la population d'éperlans du lac Vert, ce taux de croissance peut être expliqué par une exploitation excessive de la population et/ou par une éventuelle abondance des ressources du milieu. Ainsi pour une exploitation optimale, l'âge moyen de la population devrait être maintenu à 4 ans, soit d'une longueur de 14,1 cm.

McKenzie (1964) écrit que la population d'éperlans de la rivière Miramichi au Nouveau-Brunswick est composée de 96% d'individus âgés de 2 à 3 ans dont 66% de 2 ans. Gritsenko et al. (1984) ont observé qu'il y avait 90% des individus âgés de 3 à 5 ans et que le groupe d'âge de 1V dominait. L'étude entreprise au lac Gull dans le Michigan par Burdidge (1969) fait ressortir la domination des individus de 2 à 3 ans dans la population. Nous avons observé au lac Vert que 77% des individus de la population d'éperlans était âgée de 3 à 4 ans, avec une dominance pour ceux de 3 ans. Il est intéressant de noter que l'âge des populations

semble croître avec la latitude. En effet, l'étude de Burdidge (1969) a été effectuée entre le 42 et 43° de latitude, McKenzie (1964) au 47°, Gritsenko et al. (1984) près du 54° et la nôtre se situe au 48°22'.

La population semble migrer de préférence à une température entre 4 et 9°C. D'après Hoover (1936), elle est un facteur influençant directement la reproduction de l'éperlan: déclenchement, apogée, durée et intensité des activités de fraie. McKenzie (1964) mentionne que les frayères de la rivière Miramichi se colonisent surtout quand la température de l'eau atteint 4 à 5°C dans les branches principales et de 6 à 7°C dans les affluents secondaires. Legault et Delisle (1968) ont observé que la population d'éperlans du lac Heney, au Québec, frayait après la fonte des neiges à une température de 4 à 8°C.

Aucune documentation n'a pu être trouvée sur l'effet de la turbidité par rapport à la migration de ce poisson. Son effet paraît important à en juger par le nombre de poissons qui ont migré (249) le 7 mai à un moment où la période de fraie était à son apogée (3 487). La pluie du 7 mai a amené une érosion du sol; ainsi les matières en suspension dues au lessivage influencent la migration. La matière en suspension peut être considérée comme un agent physique néfaste et selon Ricker (1972) un agent physique peut souvent causer une mortalité indépendante de la densité des stocks. Il est

reconnu que la turbidité abaisse la productivité d'un milieu (Dajoz, 1975; Binesse, 1983).

La prédominance des mâles durant la période de fraie a été observée par Marcotte et Tremblay (1948), Hoover (1936), et McKenzie (1964). Ces premiers auteurs mentionnent que cet avantage numérique des mâles n'est pas réel. Les femelles videraient plus rapidement leurs gonades que les mâles, puis elles retourneraient au lac et les mâles se verrait contraints à revenir sur les lieux de fraie. En effet, le rapport gonadosomatique des mâles diminue significativement au cours de cette période. Cette diminution s'explique par le fait que les mâles retourneraient plusieurs fois sur le site de fraie avec des gonades de plus en plus réduites en poids. La diminution de la longueur au cours de la période de fraie, qui fut de même observée par Marcotte et Tremblay (1948), McKenzie (1964), Bailey (1964), n'explique pas cette baisse du rapport gonadosomatique, car il est statistiquement égal pour toutes les classes de longueur. Cette baisse moyenne de la longueur pour les mâles est la plus faible, ce qui peut s'expliquer par leur retour sur les lieux de ponte. Les faibles coefficients de corrélation suggèrent que les variations de la longueur, du poids et du rapport gonadosomatique au cours de la migration sont expliquées qu'en partie par le jour de fraie. Ainsi, autres facteurs environnementaux influencent les éperlans au cours de la migration de fraie.

La fécondité des éperlans du lac Vert est inférieure à celle des autres populations. Ainsi au lac Vert, un éperlan de 17,5 cm possède en moyenne 14 500 oeufs comparativement à 15 000 oeufs au lac Supérieur (Luey et Adelman 1984), à 25 000 oeufs à l'île Sakhalin (Gritsenko et al. 1984), et à 50 000 oeufs à la rivière Miramichi (McKenzie 1958). On constate que les deux dernières populations croissent en mer pour ensuite migrer vers l'eau douce pour la reproduction, contrairement à la population du lac Vert et du lac Supérieur croissant en milieu d'eau douce. Il semblerait donc que le lieu de croissance ait un effet sur la fécondité des éperlans.

Chapitre IV

DÉVELOPPEMENT DES OEUFS DE L'ÉPERLAN, OSMERUS MORDAX,
EN EAU PURE ET DANS DEUX MILIEUX DE MATIÈRE ORGANIQUE
DISSOUTE, LE GLUCOSE ET L'ACÉTATE.

4.1 RÉSULTATS

4.1.1 Incubation et mortalité des oeufs

Le tableau IV donne le nombre d'heures cumulatif et le nombre de degrés-jours cumulatif du développement des oeufs. Le stade de la différenciation de l'oeil est visible au neuvième jour entre 163 et 172 °C.j⁻¹ (211 h). Dans tout les milieux la période d'incubation des oeufs dure 16 jours soit 379 heures d'incubation.

La figure 8 représente les courbes de mortalité des oeufs au cours de leur développement. Le taux de mortalité des oeufs en milieu de glucose est nettement plus élevé au cours des deux premiers jours ($P < 0,05$) que celui des deux autres milieux. Au cours du premier jour, la mortalité en eau pure (0,04) était significativement inférieure ($X^2 = 491,8$; $P < 0,05$) au milieu d'acétate (0,90). À la troisième et cinquième journée, une recrudescence du taux de mortalité a été enregistrée dans les trois milieux. Au troisième jour, il était significativement supérieur en milieu d'acétate ($X^2 = 7,2$; $P < 0,05$) par rapport au glucose et celui-ci supérieur en eau pure ($X^2 = 414,7$; $P < 0,05$). Au cinquième jour, les taux de mortalité ont été importants, soit 58,58% en eau pure, 58,77% pour le glucose et 56,23% pour l'acétate. Ce dernier est significativement inférieur ($X^2 = 36,9$; $P < 0,05$) aux deux autres milieux égaux entre eux ($X^2 = 0,3$; $P > 0,05$). Du septième au quinzième jour, les taux de morta-

TABLEAU IV : Degrés-jours cumulatifs d'incubation des oeufs
d'Osmerus mordax dans les milieux d'eau pure,
de glucose et d'acétate à 0,8 mmol.l⁻¹.

Heures d'incubation	Degrés-jours		
	eau pure	glucose	acétate
19	8,5	8,0	8,0
43	17,5	16,5	17,0
67	26,5	26,5	27,5
91	35,5	39,0	39,5
115	46,5	51,5	54,0
139	59,0	65,0	68,0
163	72,0	78,5	82,5
187	82,0	88,0	93,0
211*	91,0	97,0	103,0
235	100,0	104,0	111,0
259	108,5	112,0	119,0
283	118,0	121,0	128,5
307	127,5	130,0	138,0
331	139,5	140,5	149,0
357	152,0	151,5	160,0
379**	165,5	163,0	172,0

* Stade de la différenciation de l'oeil

** 50% d'éclosion

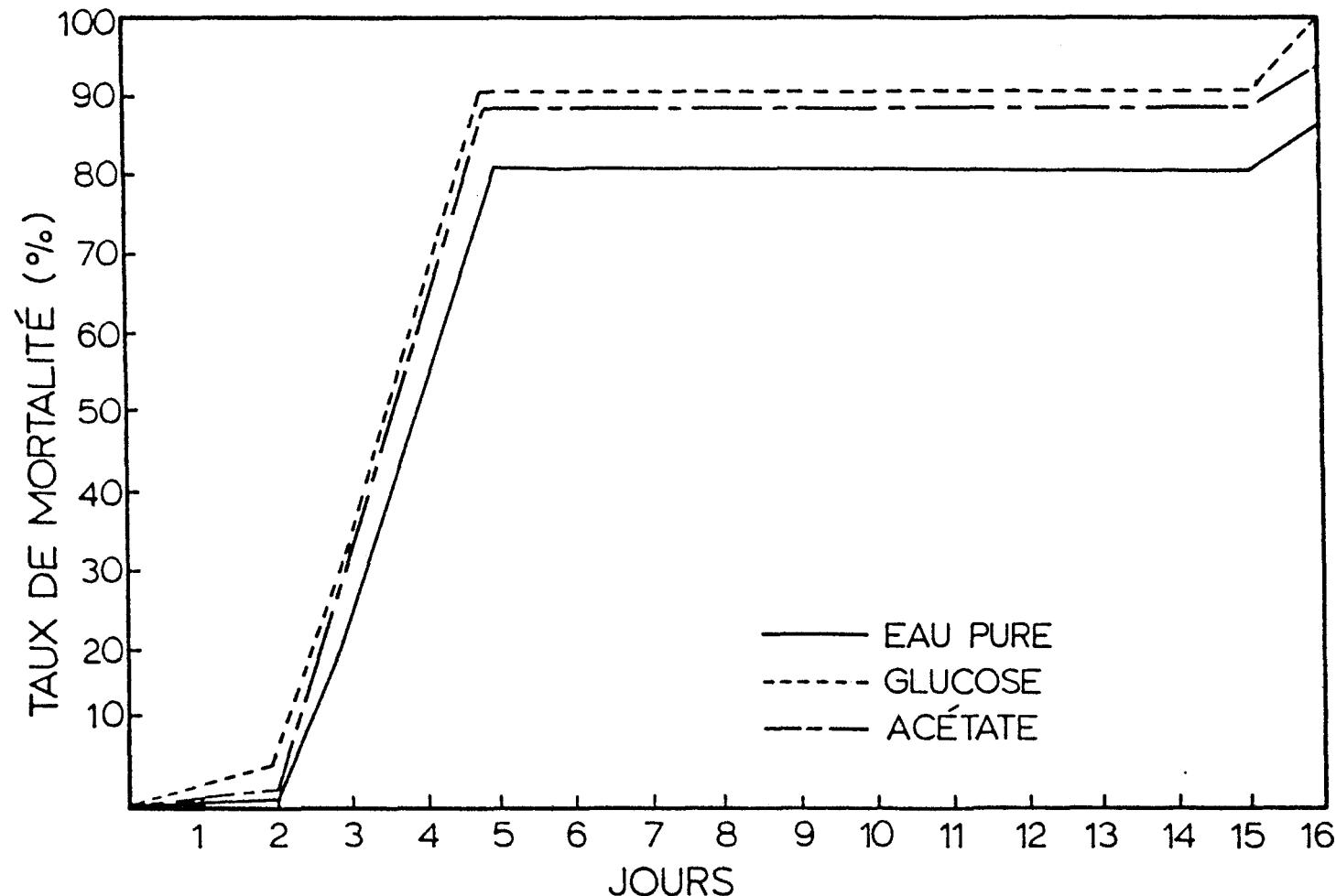


FIGURE 8 : Taux de mortalité des oeufs d'*Osmerus mordax* au cours de leur développement dans les milieux d'eau pure, de glucose et d'acétate à $0,8 \text{ mmol.l}^{-1}$.

lité ont grandement diminués et demeurèrent faibles dans tous les milieux mais relativement constants comparativement aux jours précédents. On note un taux de mortalité journalier de 0,09 en eau pure et en acétate, et de 0,07 en milieu de glucose. Dès le deuxième jour, les taux de mortalité cumulatifs étaient significativement inférieurs en milieu d'eau pure ($P < 0,05$) comparativement aux deux milieux de matières organiques dissoutes. Pour ces deux derniers, on note que le taux de mortalité cumulatif en milieu de glucose est significativement supérieur ($P < 0,05$) à celui du milieu d'acétate, sauf au jour 3 où aucun écart significatif n'a été observé entre ces deux milieux. Au jour 16, plus de 50% des oeufs ont éclos et on a constaté un taux de mortalité à l'éclosion plus élevé ($X^2 = 12,7$; $P < 0,05$) en acétate qu'en eau pure. Pour l'incubation en milieu de glucose, malgré un taux de survie de 0,09 des oeufs avant l'éclosion, aucune larve n'a survécu à l'éclosion.

4.1.2 Eclosion des larves

Le tableau V donne la longueur totale moyenne et le volume moyen du vitellus ainsi que celui de la gouttelette d'huile des larves nouvellement écloses en eau pure en fonction du jour d'éclosion. On observe une augmentation de la longueur moyenne avec une éclosion tardive. Une analyse de variance révèle une différence entre les moyennes ($F = 2,7$; $P < 0,05$). Le test de student fait ressortir un écart signifi-

TABLEAU V : Longueur totale et volume des réserves énergétiques des larves d'Osmerus mordax nouvellement écloses en milieu d'eau pure.

Jour	Longueur (mm)			Vitellus (mm ³)			Gouttelette d'huile (mm ³)		
	M	G	N	M	G	N	M	G	N
1	6,86	0,54	6	-	-	-	-	-	-
2	6,89	0,39	10	0,0758	0,0350	11	0,0128	0,0032	11
3	6,96	0,27	12	-	-	-	-	-	-
4	7,26	0,48	10	0,0663	0,0133	10	0,0116	0,0020	10
5	7,55	0,29	8	0,0531	0,0074	8	0,0116	0,0014	8

M: moyenne

G: écart-type

N: nombre d'individus

-: aucune mesure n'a été prise.

ficatif ($P < 0,05$) de la longueur moyenne du cinquième jour par rapport aux autres jours, et celle du quatrième jour diffère du premier jour d'éclosion.

En ce qui concerne les réserves énergétiques endogènes, le volume moyen du vitellus en relation au jour d'éclosion montre une relation inverse à celle rencontrée pour la longueur moyenne (tableau V). Un test de student révèle que le vitellus au cinquième jour est significativement plus petit ($P < 0,05$) qu'au jour deux et au quatrième jour (tableau V). Aucune différence significative du volume moyen de la gouttelette d'huile ($F = 0,64$; $P > 0,05$) n'a été observée entre les jours d'éclosion.

Les larves en milieu d'acétate ont éclos le deuxième jour et aux jours suivants, aucune larve vivante nouvellement éclos n'a été observée. En milieu de glucose aucune larve n'a survécu à l'éclosion. Notons qu'après le début d'éclosion, les milieux de matière organique ont été atteints d'une prolifération de champignons suite à une augmentation de débris d'oeufs éclos.

La comparaison des larves écloses entre le milieu d'acétate et celui d'eau pure au deuxième jour d'éclosion n'indique aucun écart significatif ($t = 0,7$; $P > 0,05$) de leur longueur moyenne. Le volume moyen du vitellus et de la gouttelette d'huile des larves en milieu d'acétate est de 0,0354 et de $0,0059 \text{ mm}^3$ respectivement; ces valeurs sont nettement

inférieures ($P < 0,05$) à celles observées en eau pure à l'éclosion.

4.2 DISCUSSION

L'augmentation subite du taux de mortalité entre le deuxième et le cinquième jour, soit avant le stade de la différenciation de l'oeil, est probablement due à un endommagement de l'oeuf causé par des mouvements mécaniques. En effet, Velsen (1980) mentionne la fragilité des oeufs du saumon du Pacifique au mouvement mécanique à partir de la fécondation jusqu'à la fermeture du blastopore. Hayes et Armstrong (1942) ont enregistré un taux maximal de mortalité à la fermeture du blastopore. Akielaszek *et al.* (1985) ont de même observé un taux de mortalité de 80% à 90% au cours des trois premiers jours d'incubation d'oeufs d'Osmerus mordax, mais ils attribuent cette mortalité à la non fertilisation et au développement de champignons. Blaxter *et al.* (1983) ont noté une augmentation précoce de la mortalité dans le développement embryonnaire jusqu'à la fermeture du blastophore chez Hippoglossus hippoglossus.

De plus, nos résultats indiquent que la présence de matière organique dans l'eau d'incubation augmente la mortalité des oeufs au début de leur développement. Hayes et Armstrong (1942), Potts et Rudy (1969) et Holliday (1969) ont remarqué que la grande perméabilité de la membrane vitelline au début de l'incubation décroissait tôt dans le développe-

ment. D'ailleurs Alderdice et al. (1979) ont étudié l'effet de la salinité sur le développement embryonnaire d'oeufs de harengs du Pacifique. Pour eux, avant la fermeture du blastopore, il y a transition de l'osmoconformation à l'osmoregulation et possiblement dépendance de la perméabilité de la membrane vitelline, et ils concluent que les oeufs se développant dans un milieu minimisant le travail ont une prédisposition pour se développer en larves normales. Rosenthal et Alderdice (1976) mentionnent que sans tenir de la nature de l'agent stressant, l'embryon semble essayer de compenser un déficit énergétique pour survivre et qu'au début du développement embryonnaire les réserves énergétiques sont faibles et investies pour leur développement; le stress affecterait le taux ou l'importance de la différenciation cellulaire à ce moment. Ils se réfèrent à des auteurs ayant observé une augmentation du taux métabolique des cellules lors du développement embryonnaire en réponse à des stress environnementaux. Ainsi nos résultats suggèrent que le glucose et l'acétate accroissent la mortalité au début du développement embryonnaire, soit au moment de la grande perméabilité de la membrane vitelline, en agissant comme agent stressant. Selon Holliday (1969), les tissus embryonnaires sont en général en contact direct avec le fluide périvitellin qui est très similaire à l'environnement extérieur dans lequel les oeufs sont incubés. On peut supposer que les milieux de matière organique dissoute occasionnent une aug-

mentation du métabolisme tout comme Alderdice et al. (1979) ont noté une augmentation du travail osmotique causé par la salinité. D'ailleurs nos résultats font ressortir qu'en milieu additionné de matière organique il y a une diminution significative des réserves énergétiques des larves à l'éclosion. Puisque la longueur des larves ne sont pas significativement différentes, ceci laisse présumer que l'énergie nécessaire pour le maintien métabolique est semblable, mais l'énergie en réserve est significativement moindre chez les larves incubées en milieu d'acétate; alors on peut penser que l'acétate augmente le taux respiratoire et occasionne une plus grande dépense énergétique. Selon Bryant (1979), le métabolisme respiratoire d'un animal est en relation très étroite avec les caractéristiques du milieu dans lequel il vit. Terner (1968) mentionne que la présence de substrat oxydable ne paraît pas occasionner de changement appréciable du taux respiratoire, mais aucun de ces résultats ne le quantifie et ces expériences ne s'échelonnent pas sur un cycle complet du développement embryonnaire. D'après Rosenthal et Alderdice (1976), de plus petites larves avec de plus petites réserves énergétiques pourraient se produire suite à une augmentation des coûts du maintien métabolique durant le développement embryonnaire au détriment de la contribution du métabolisme pour la croissance. D'après Terner (1968) le taux d'oxydation du glucose exogène est supérieur à celui de l'acétate. Ceci semble appuyer nos résultats à savoir que

l'effet du glucose sur le développement embryonnaire soit plus important que celui de l'acétate, puisque la mortalité des oeufs et des larves à l'éclosion a été plus élevée en milieu de glucose. D'ailleurs Mazliak (1971) mentionne que la diffusion du glucose à travers la membrane protoplasmique est importante et que le glucose traverse les membranes cellulaires et se trouve dans tout l'embryon incluant la membrane vitelline (Hayes, 1949).

Terner (1968) a prouvé que l'oeuf de la truite arc-en-ciel utilisait la matière organique dissoute exogène comme substrat oxydable et qu'une incorporation de celle-ci avait lieu dans les réserves énergétiques endogènes. Donc cette incorporation, si elle a lieu chez l'oeuf d'éperlans, sera inférieure à l'augmentation du taux métabolique occasionné par les matières organiques dissoutes. D'ailleurs Terner et al. (1968) mentionnent que le taux d'incorporation dans les lipides apparaît faible. Il semble donc qu'on ne peut augmenter la qualité des larves d'éperlans à l'éclosion suite à une incubation d'oeufs dans un milieu de glucose ou d'acétate à $0,8 \text{ mmol.l}^{-1}$.

Selon Akielasek et al. (1985) 66% des éclosions se produisent du 19e au 22e jour d'incubation à 9°C , soit de 171 à 198 degrés-jour, et 90% d'éclosion au bout de 12 jours à 12°C . Nos résultats sont semblables à ceux exprimés ci-dessus où on a 50% d'éclosion à 162 degrés-jour à une tem-

pérature moyenne de 10,5°C. D'ailleurs Cooper (1978) a noté que l'éclosion avait lieu entre le 8e et le 10e jour sous une température de 13 à 18°C soit de 121 à 153 degrés-jour. Hulbert (1974) a observé un début d'éclosion au 17e jour sous une température de 13°C.

Nos résultats révèlent que les larves nouvellement éclosées sont d'autant plus longues que l'éclosion est tardive; par contre, le volume moyen du vitellus diminue avec une éclosion tardive, mais celui de la gouttelette d'huile ne diminue pas de façon significative. Cette hypothèse a aussi été remarqué par Jones (1972): la taille moyenne des larves de turbot, Scophthalmus maximus, est d'autant plus longue et la réserve énergétique d'autant plus petite que l'éclosion est tardive. Ceci suggère qu'avec une éclosion tardive, la larve utilise une partie de ces réserves énergétiques pour son maintien métabolique et sa croissance. Nos résultats confirment que cette énergie dépensée provient principalement du vitellus protéique.

Chapitre V

COMPORTEMENT DES LARVES D'ÉPERLAN, OSMERUS MORDAX,
EN FONCTION DE L'INTENSITÉ LUMINEUSE,
DU COURANT D'EAU ET DU TYPE DE NOURRITURE

5.1 RÉSULTATS

5.1.1 Larves en mouvement

La comparaison des groupes de larves en mouvement en fonction de la vitesse du courant et de l'intensité lumineuse est présentée au tableau VI. L'analyse statistique indique aucune différence significative ($t_c = 0,69$; $P > 0,05$; $n = 225$) entre le groupe A avant et durant l'expérimentation. Ce qui signifie que la présence de nourriture seule n'augmente pas le pourcentage des larves en mouvement.

La comparaison sous une intensité lumineuse de 500 lx et avant alimentation, entre un milieu en eau calme et en eau courante, montre que plus de larves se meuvent ($t_c = 12,07$; $P < 0,05$; $n = 675$) dans ce dernier milieu. L'analyse statistique fait ressortir une différence significative ($t_c = 2,09$; $P < 0,05$; $n = 225$) entre le pourcentage de larves en mouvement du groupe D avant et pendant l'expérimentation. Ainsi la présence de nourriture dans un milieu à eau courante semble stimuler l'activité des larves, mais cette différence est toutefois faible comparativement à celle observée aux intensités lumineuses supérieures comme le témoignent les valeurs du test statistique. En effet au groupe E, on a calculé un t_c égal à 8,88 ($P < 0,05$; $n = 225$) et au groupe F un t_c de 80,45 ($P < 0,05$; $n = 225$). Ces valeurs expriment l'importance de l'intensité lumineuse dans l'activité des larves comparativement à un courant d'eau de

TABLEAU VI : Comparaison des groupes de larves d'*Osmerus mordax* en mouvement avant et pendant l'alimentation selon l'intensité lumineuse et la vitesse du courant.

GROUPES COMPARES	N	t _c	σ	P
Aa, Ap	225	0,69	0,48	> 0,05
Ba, Bp	225	7,42	0,84	< 0,05
Ca, Cp	225	57,21	0,85	< 0,05
Da, Dp	225	2,09	0,76	< 0,05
Ea, Ep	225	8,88	0,96	< 0,05
Fa, Fp	225	80,45	0,63	< 0,05
(ABC)a, (DEF)a	675	12,07	0,60	< 0,05

a : avant alimentation

p : pendant alimentation

N : nombre de paires d'observation

t_c : test non-paramétrique

P : probabilité

σ : écart type

30-70 mm.s⁻¹.

L'analyse statistique du tableau VII révèle un écart significatif de la position dans la colonne d'eau des groupes de larves sous une intensité lumineuse de 2 000 lx ($t_c = 5,06$; $P < 0,05$; $n = 225$) entre un milieu en eau calme et un milieu en eau courante. À 500 et 17 000 lx, un courant d'eau de 30-70 mm.s⁻¹ ne paraît pas avoir un effet sur la position des larves ($P > 0,05$). À une faible intensité lumineuse, les larves sont retrouvées principalement au fond du bassin comparativement à la surface pour les groupes de larves soumis à une forte intensité lumineuse. De plus, les larves présentent un comportement phototaxie positif d'autant plus prononcé que l'intensité lumineuse est élevée. Ceci se reflète par un t_c en eau calme et en eau courante de 59,51 et de 35,59 entre des intensités lumineuses de 2 000 et 17 000 lx, et de 6,55 et 13,39 entre des intensités de 500 et 2 000 lx.

5.1.2 Orientation et alimentation

De l'analyse statistique du tableau VIII, il en ressort un écart significatif du comportement d'alimentation des larves entre un milieu en eau calme et un milieu en eau courante à 500 lx ($t_c = 5,09$; $P < 0,05$; $n = 225$), à 2 000 lx ($t_c = 2,77$; $P < 0,05$; $n = 225$) et à 17 000 lx ($t_c = 3,37$; $P < 0,05$; $n = 225$). Le comportement d'alimentation est d'autant plus prononcé que l'intensité lumineuse est élevée ($P <$

TABLEAU VII : Comparaison de la position dans la colonne d'eau des groupes de larves d'Osmerus mordax selon l'intensité lumineuse et la courant d'eau.

GROUPES COMPAREES		N	t _c	G	P
A , D		225	1,43	0,32	> 0,05
B , E		225	5,06	0,62	< 0,05
C , F		225	0,00	0,00	> 0,05
A , B		225	6,55	0,91	< 0,05
D , E		225	13,39	1,07	< 0,05
B , C		225	59,51	0,91	< 0,05
E , F		225	35,59	1,22	< 0,05

N : nombre de paires d'observation

t_c : test non-paramétrique

G : écart type

P : probabilité

TABLEAU VIII : Comparaison du comportement d'alimentation et d'orientation des groupes de larves d'Osmerus mordax selon l'intensité lumineuse et la vitesse du courant d'eau.

GROUPES COMPARES	N	t _c	σ	P
A , D	225	5,09	0,52	< 0,05
B , E	225	2,77	0,53	< 0,05
C , F	225	3,37	0,59	< 0,05
A , B	225	10,84	0,70	< 0,05
D , E	225	9,81	0,65	< 0,05
B , C	225	24,39	0,94	< 0,05
E , F	225	25,72	0,92	< 0,05

N : nombre de paires d'observation

t_c : test non-paramétrique

σ : écart type

P : probabilité

0,05), et son effet est plus important que celui causé par un courant d'eau comme le témoigne les valeurs du test non-paramétrique. En effet, en eau calme et en eau courante, on a calculé entre les intensités lumineuses de 500 et 2 000 lx un t_c égal à 10,84 et 9,81 ($P < 0,05$; $n = 225$), et de 24,39 et 25,72 ($P < 0,05$; $n = 225$) entre les intensités de 2 000 et 17 000 lx.

Selon les types de nourriture, les larves ont un comportement alimentaire légèrement plus actif ($t_c = 2,03$; $P < 0,05$) avec des granulés additionnés des trois acides aminés suivants: L-alanine, L-arginine et bétaine (10 mmol.l^{-1}). Cette observation semble montrer que le goût a possiblement un rôle à jouer dans le comportement d'alimentation.

Le tableau IX donne la dimension de la bouche des larves d'éperlans au deuxième jour après l'éclosion, et les dimensions d'Artemia salina nouvellement éclosé. On constate que la largeur moyenne de la bouche des larves est plus petite que la longueur et la largeur avec antennes des larves d'Artemia salina nouvellement éclosé.

5.2 DISCUSSION

Nos résultats semblent démontrer que la seule présence de nourriture n'est pas suffisante pour déclencher le réflexe de nutrition chez les larves. Kinne (1977) mentionne à ce sujet que les larves doivent rencontrer des conditions

TABLEAU IX : Largeur de la bouche (mm) des larves d'Osmerus mordax et dimensions des larves d'Artemia salina (mm) nouvellement écloses.

	M	G	N
- Largeur de la bouche des larves d'éperlans:	0,230	0,041	10
- Dimensions des larves d' <u>Artemia salina</u>			
- longueur	0,413	0,042	10
- largeur sans antenne	0,187	0,029	10
- largeur avec antenne	0,466	0,033	10

M: moyenne

G: écart-type

N: nombre d'individus

spécifiques: grosseur de nourriture, photopériode, température, courant d'eau, intensité lumineuse, etc. Selon Hyatt (1979), la localisation de la nourriture dépend de stimuli sensoriels: visuels, électriques, mécaniques et chimiques.

Le rôle de l'intensité lumineuse dans l'activité et le comportement alimentaire des larves d'éperlans est important. Kiyono et Hirano (1981) et Hinshaw (1985) ont démontré qu'une grande intensité lumineuse augmentait la croissance et la survie des larves. Flüchter (1980) a noté qu'une intensité lumineuse supérieure à 20 000 lx a comme effet de stimuler la recherche de la nourriture chez le corégone. D'après nos résultats le maintien des larves dans la colonne d'eau est principalement dû à l'intensité lumineuse. À forte intensité lumineuse (17 000 lx), les larves se concentrent à la surface. On a constaté leur rapidité et leur vigueur face à la nourriture à la surface. Selon Corazza et Nickum (1981), lorsque la distance entre le prédateur et la proie est minimisée, le temps de capture et de consommation de la particule alimentaire est diminué et l'efficacité de nutrition augmentée. De même, nous avons observé que l'intensité lumineuse reste un facteur abiotique plus important que le courant d'eau pour l'activité et le comportement alimentaire des larves d'éperlans. Une circulation de l'eau du milieu augmente le pourcentage de larves en mouvement et le mouvement des particules alimentaires stimule le comporte-

ment de nutrition des larves. Les résultats peuvent être influencés par la photopériode imposée et le microbullage. Étant donné que ceux-ci sont identiques entre les milieux, alors on assume que les différences enregistrées sont réelles. Kinne (1977) et Hyatt (1979) mentionnent que le mouvement de la nourriture peut être important pour son acceptation. Le va-et-vient de la nourriture semble avoir un effet positif sur le comportement des larves. Le courant empêche les particules de nourriture de se déposer au fond du bassin. Ainsi, ce brassage des particules alimentaires rend la nourriture disponible plus longtemps, et plus accessible aux larves à l'intérieur de la colonne d'eau.

Hartman (1983) estime que la survie des larves de poissons dépend du mode de nutrition, de la largeur de la bouche, de la grosseur et de la disponibilité de la nourriture. En effet au deuxième jour, la largeur de la bouche est en moyenne de 230 μm . Le début de leur nutrition doit donc s'effectuer sur des particules de nourriture d'une dimension plus petite que 230 μm , valeur inférieure à la dimension d'une larve nouvellement éclosée de nauplius, Artemia salina. D'ailleurs, Cooper (1978) a tenté sans succès de nourrir des larves d'Osmerus mordax à partir de nauplii nouvellement éclosés. Enfin, Dabrowski et Bardega (1984) ont fait plusieurs observations et mentionnent que les dimensions des proies ne doivent pas excéder 0,8 fois la grandeur de la bouche des larves de poissons.

Dabrowski (1984), Hyatt (1979) et Atema et al. (1980) ont démontré l'importance de la saveur de la nourriture pour son acceptation par les poissons. La présence de certains acides aminés stimulent le comportement alimentaire (Dabrowski 1984). Or, avec une moulée additionnée de 3 acides aminés, soit la L-alanine, la L-arginine et la bétaine, à une concentration de 10 mmol.l^{-1} , nos larves avaient un comportement d'orientation plus prononcé qu'avec une nourriture sans aucune addition d'acides aminés.

Chapitre VI

ÉTUDE DU DÉVELOPPEMENT LARVAIRE DE L'ÉPERLAN,
OSMERUS MORDAX, EN EAU PURE ET DANS DEUX MILIEUX DE
MATIÈRE ORGANIQUE, LE GLUCOSE ET L'ACÉTATE

6.1 RÉSULTATS

6.1.1 Larves en inanition

La figure 9 illustre la distribution des longueurs moyennes des larves d'éperlans en relation avec le temps. La longueur maximale observée lors de la résorption des réserves énergétiques en milieu de glucose est nettement inférieure ($P < 0,05$) à celle en milieu d'eau pure. Ces tailles maximales sont d'autant plus faibles que le taux de croissance est lent et étalé dans le temps. Le taux maximal de croissance instantanée enregistré est de 0,20, 0,19 et 0,17 pour les larves étudiées en milieu d'eau pure, d'acéate et de glucose; ces taux sont atteints respectivement au cinquième, huitième et dixième jour. La longueur maximale en milieu de glucose n'est pas significativement différente ($P > 0,05$) de celle des larves en milieu d'eau pure au dixième jour. La décroissance en longueur en milieu d'acéate, après la résorption des réserves énergétiques endogènes, est plus importante ($P < 0,05$) que les deux autres milieux. Il est à noter que nous avons observé dans tous les milieux la résorption totale du vitellus et de la gouttelette d'huile au cours du troisième et dixième jour respectivement.

Les droites de régression de la diminution du volume du vitellus en fonction du logarithme du temps sont: $V = 0,0560 - 0,0628 \log t$ ($r = -0,72$; $P < 0,01$; $n = 87$) en eau pure, $V = 0,0536 - 0,0605 \log t$ ($r = -0,74$; $P < 0,01$; $n = 94$) en milieu

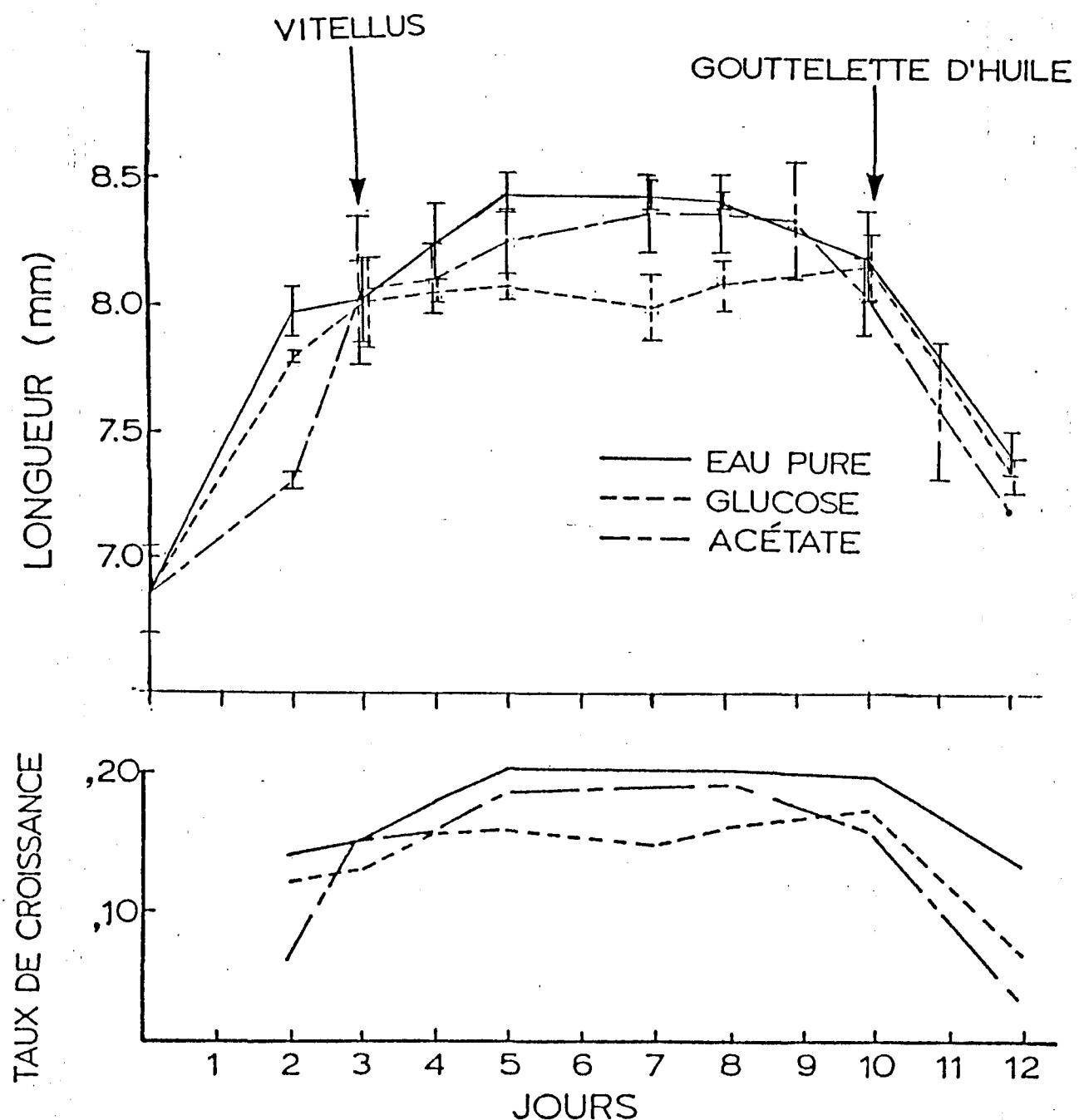


FIGURE 9 : Longueur et taux instantané de croissance des larves d'Osmerus mordax en inanition dans les milieux d'eau pure, de glucose et d'acétate à 0,8 mmol.l⁻¹. Les flèches verticales correspondent à la fin de la période de résorption du vitellus et de la gouttelette d'huile. Les intervalles de confiance sont de 95% de probabilité.

de glucose et $V = 0,0459 - 0,0683 \log t$ ($r = -0,75$; $P < 0,01$; $n = 66$) en milieu d'acétate. L'analyse de covariance indique que les larves maintenues en milieu acétate ont un taux de diminution du vitellus plus important et un volume toujours plus faible que celles des autres milieux ($P < 0,01$). Enfin le volume de vitellus des larves élevées en milieu de glucose est toujours plus petit que celui des larves élevées en eau pure ($P < 0,01$).

La diminution du volume de la gouttelette d'huile en fonction du temps est représentée par l'équation: $V = 0,0108 - 0,0122 \log t$ ($r = -0,86$; $P < 0,01$; $n = 91$) en eau pure, $V = 0,0105 - 0,0118 \log t$ ($r = -0,84$; $P < 0,01$; $n = 95$) en milieu de glucose et $V = 0,0104 - 0,0118 \log t$ ($r = -0,77$; $P < 0,01$; $n = 66$) en milieu d'acétate. L'analyse de covariance a révélé que le volume de la gouttelette d'huile est toujours plus grand ($P < 0,01$) en milieu d'eau pure qu'en milieu de glucose, et ce dernier toujours supérieur ($P < 0,05$) à celui en milieu d'acétate.

L'efficacité d'utilisation du vitellus pour la croissance (tableau X) est nettement plus prononcée ($X^2 = 42,14$; $P < 0,05$) chez les larves maintenues en milieu de glucose (219,52) que celles élevées en milieu d'acétate (82,46); ces deux milieux sont supérieurs ($P < 0,05$) à l'efficacité d'utilisation du milieu d'eau pure (47,05).

L'efficacité d'utilisation de la gouttelette d'huile

TABLEAU X : Efficacité d'utilisation du vitellus et de la gouttelette d'huile des larves d'Osmerus mordax dans les milieux d'eau pure, d'acétate et de glucose à 0,8 mmol.l⁻¹.

MILIEU	TEMPS ^a	VITELLUS	GOUTTELETTE D'HUILE	N
<hr/>				
- LARVES EN INANITION:				
eau pure	5	47,05	85,17	10
acétate	7	92,46	159,66	10
glucose	10	219,51	671,13	10
<hr/>				
- LARVES EN CONDITION D'ALIMENTATION:				
eau pure	7	8,99	45,62	10
acétate	3	19,86	60,31	10
glucose	3	22,73	38,45	10

a: Temps en jours de l'efficacité d'utilisation maximale obtenue au cours du développement.

N: nombre d'individus

pour la croissance des larves élevées en milieu de glucose (671,13) est supérieure ($P < 0,05$) à celle élevée en milieu d'acétate (159,66), et celles-ci supérieures ($P < 0,05$) à celle élevée en milieu d'eau pure (85,17) (tableau X)

6.1.2 Larves en condition d'alimentation

La figure 10 illustre la croissance en longueur des larves en fonction du temps. Les longueurs maximales des larves en milieu de glucose et en milieu d'acétate sont plus fortes ($P < 0,05$) que celles élevées en eau pure; elles sont atteintes dans une période de temps plus courte, soit au troisième jour comparativement au septième jour pour les larves maintenues en milieu d'eau pure. D'ailleurs le taux de croissance en longueur des larves en eau pure progresse lentement pour arriver à un maximum au septième jour, comparativement aux milieux de glucose et d'acétate où le taux de croissance progresse rapidement pour être maximal au troisième jour. Seul en milieu d'eau pure, on constate une recrudescence de croissance après la résorption des réserves endogènes, soit à partir du dixième jour. Au cours de la troisième et de la huitième journée, on a observé la résorption totale du vitellus et de la gouttelette d'huile.

Une analyse de covariance a révélé que le volume et le taux de diminution du vitellus entre les larves en condition d'alimentation des différents milieux étaient égaux ($F = 0,92$; $P > 0,01$).

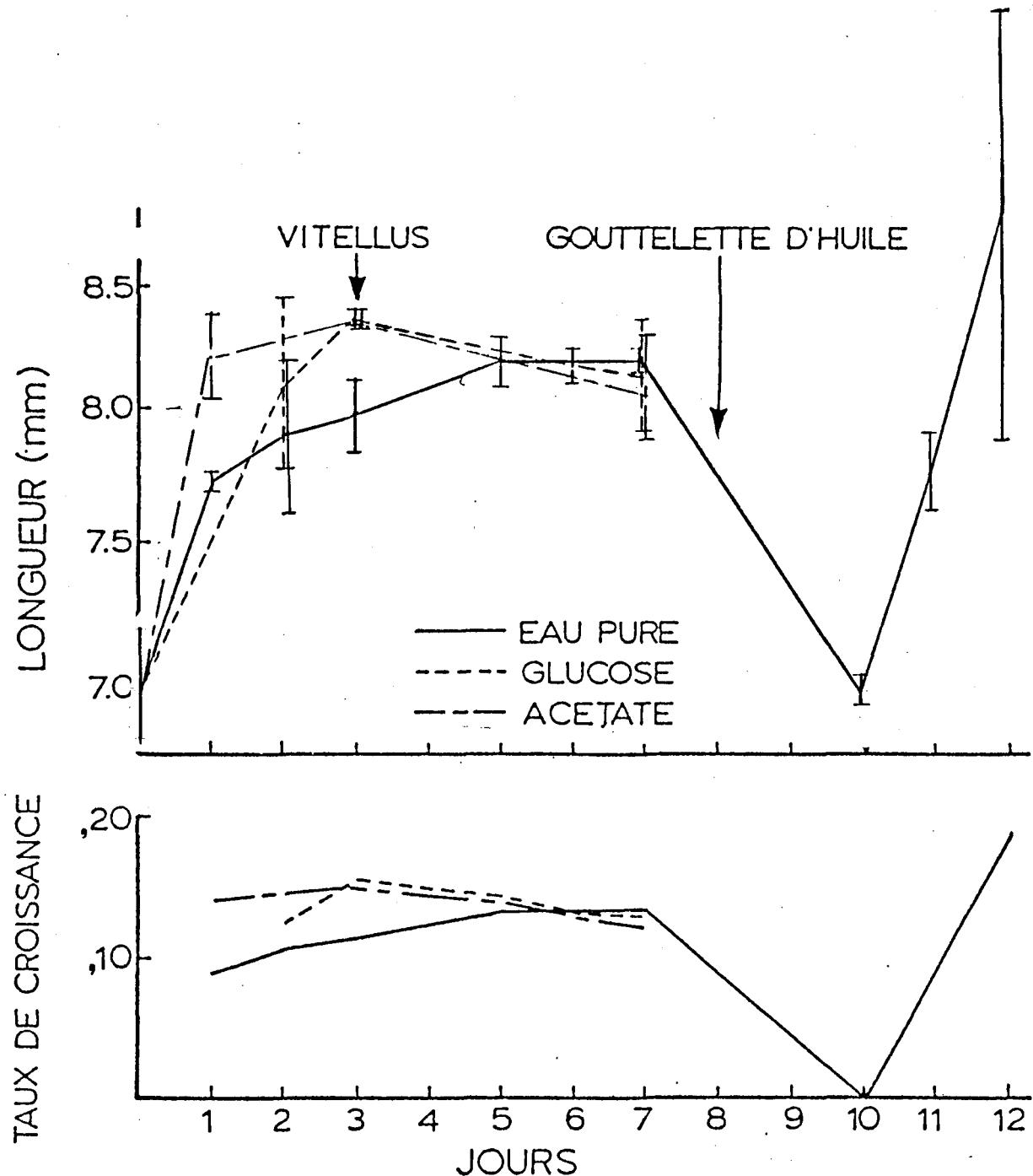


FIGURE 10 : Longueur et taux instantané de croissance des larves d'*Osmerus mordax* sous condition d'alimentation dans les milieux d'eau pure, de glucose et d'acétate à $0,8 \text{ mmol.l}^{-1}$. Les flèches verticales correspondent à la fin de la période de résorption du vitellus et de la gouttelette d'huile. Les intervalles de confiance sont de 95% de probabilité.

En revanche, l'analyse de covariance de la diminution de la gouttelette d'huile en fonction du temps montre un taux de diminution égal ($P > 0,01$) chez les larves élevées en milieu d'acétate par comparaison avec les deux autres milieux avec un volume toujours plus grand ($P < 0,01$). De plus, la diminution du volume de la gouttelette d'huile est plus rapide ($F = 53,12$; $P < 0,01$) en milieu de glucose qu'en milieu d'eau pure.

L'efficacité d'utilisation du vitellus pour la croissance dans les deux milieux de matière organique, soit de 22,73 en milieu de glucose et de 19,86 en milieu d'acétate, est significativement plus élevée ($P < 0,05$) que celle en milieu d'eau pure (8,99)(tableau X).

L'efficacité d'utilisation de la gouttelette d'huile pour la croissance en milieu de glucose (38,45) est significativement inférieure ($P < 0,05$) à celle en milieu d'acétate (60,31), et celles-ci différentes de celle en eau pure (45,62).

6.1.3 Comparaison entre les larves en inanition et en condition d'alimentation

Les larves en condition d'alimentation et élevées en eau pure ont des tailles significativement plus petites ($P < 0,05$) que celles maintenues en inanition. Des différences de longueur entre les deux conditions s'accentuent avec le temps jusqu'au dixième jour inclusivement. La croissance

maximale lors de la résorption des réserves est plus importante en condition d'inanition dans l'eau pure (8,45 au jour 5) qu'en condition d'alimentation (7,88 au 7e jour). En milieu de matière organique dissoute, on ne distingue aucun écart significatif des longueurs moyennes ($P > 0,05$) entre les larves non nourries et en condition d'alimentation, sauf au septième jour en milieu d'acétate où la longueur moyenne des larves en inanition est supérieure ($P < 0,05$) à celle des larves alimentées.

En milieu de matière organique dissoute, le volume du vitellus des larves en condition d'alimentation et d'inanition sont toujours égaux ($F = 3,01$; $P > 0,01$). En revanche en eau pure, le volume du vitellus des larves en inanition est plus grand ($F = 4,91$; $P < 0,01$) que celui des larves en condition d'alimentation. On note que le taux de diminution du vitellus est demeuré égal aux deux conditions expérimentales dans tous les milieux.

De plus, le volume de la gouttelette d'huile est toujours plus grand chez les larves en inanition ($F = 46,17$; $P < 0,01$), et son taux de diminution reste égal dans les deux conditions expérimentales quel que soit le milieu ($F = 4,23$; $P > 0,01$).

L'efficacité d'utilisation du vitellus et de la gouttelette d'huile est significativement supérieure dans les trois milieux ($P < 0,01$) pour les larves en inanition.

La figure 11 présente le taux de mortalité des larves en condition d'alimentation et d'inanition. On constate que la mortalité débute au troisième jour à l'exception des larves en condition d'alimentation en milieu de glucose débutant au premier jour. La mortalité subite commence respectivement au cours du neuvième et du dixième jours chez les larves en condition d'alimentation et d'inanition respectivement. Ces deux périodes distinctes de mortalité correspondent à la résorption du vitellus et de la gouttelette d'huile. On remarque que les larves en condition d'inanition ont une mortalité toujours plus faible et qu'il n'y a aucune différence entre les milieux de matière organique et d'eau pure.

Le taux de diminution de la gouttelette d'huile ($F = 33,83$; $P < 0,01$) est plus élevé chez les larves alimentées avec des granulés additionnés de trois acides aminés. En revanche, la diminution du volume du vitellus entre les larves nourries avec ou sans acides aminés ne présente aucune différence significative ($P > 0,01$).

6.2 DISCUSSION

6.2.1 Effet du glucose et de l'acétate

Les réponses énergétiques des larves observées dans chacun des trois milieux sont la résultante d'un apport d'énergie externe possible et d'un changement du taux métabolique. D'ailleurs Terner (1968) et Terner et al. (1968) ont démon-

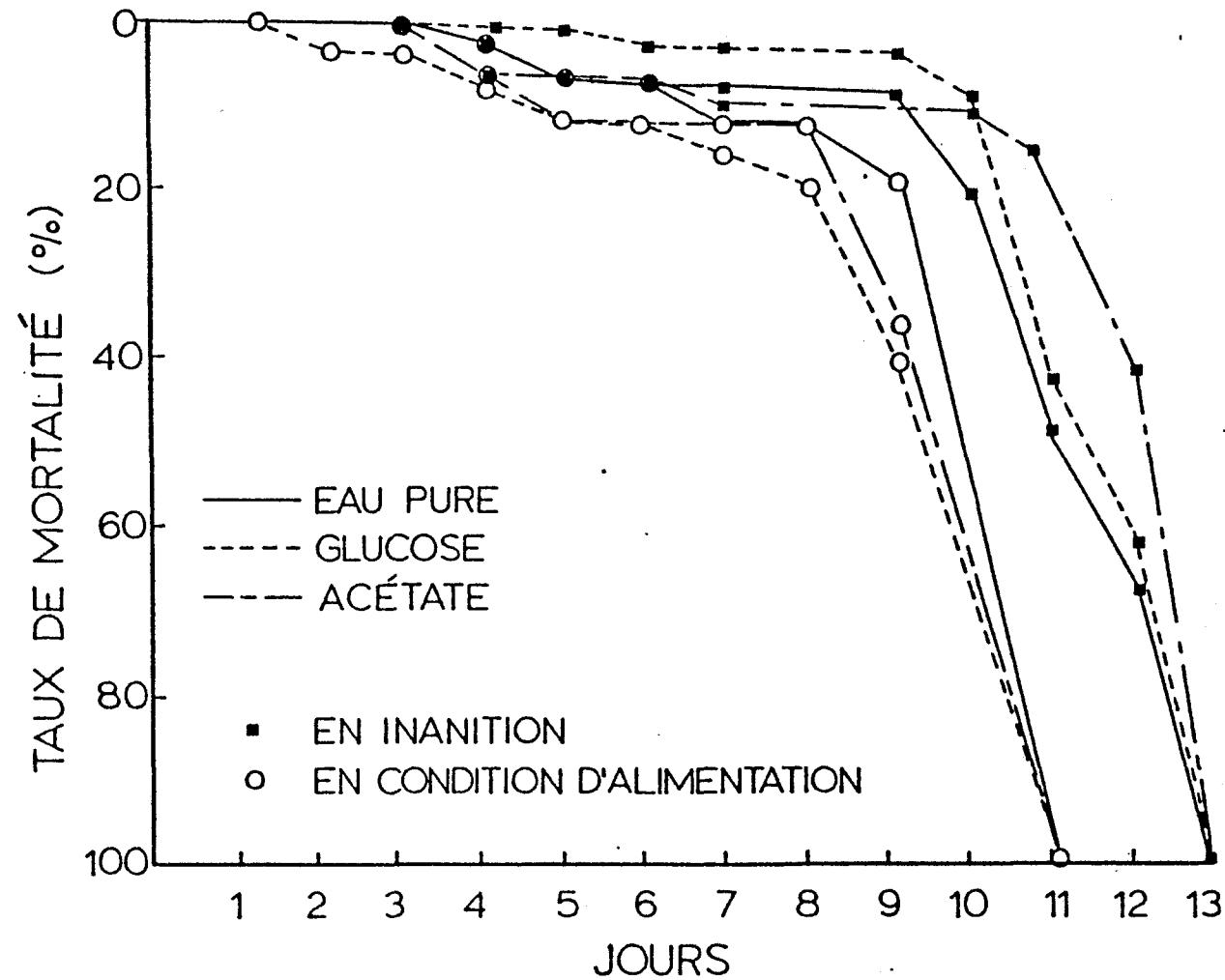


FIGURE 11 : Taux de mortalité des larves d'*Osmerus mordax* dans les milieux d'eau pure, de glucose et d'acétate à $0,8 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$.

tré la présence d'un taux d'oxydation et d'incorporation de substrat exogène dissous chez les oeufs et les larves de truite arc-en-ciel. De plus, Terner (1968) mentionne qu'un milieu de matière organique ne semble pas causer une augmentation mesurable du taux métabolique. Pour Rosenthal et Alderdice (1976), le stress affecterait l'importance de la différenciation cellulaire et l'embryon semble compenser un déficit énergétique qu'il doit vaincre pour survivre.

D'après nos résultats, l'élevage des larves en milieu de glucose et d'acétate causerait une diminution plus rapide du volume des réserves énergétiques. Ces matières organiques dissoutes provoqueraient un stress métabolique en entraînant une dépense des réserves énergétiques endogènes accrues. Rosenthal et Alderdice (1976) font référence à plusieurs études mentionnant que les effets biochimiques de polluants ou d'un changement de niveau d'un facteur abiotique affectent la production et l'utilisation de l'énergie dans les oeufs fertilisés et dans les embryons. Ces études donnent un aperçu de la voie qu'un organisme peut suivre pour essayer de compenser la présence d'un stress environnemental.

Cette diminution supplémentaire du volume des réserves énergétiques due aux matières organiques dissoutes peut occasionner une diminution d'énergie endogène disponible pour la croissance. En effet, ce stress entraîne une baisse du taux de croissance et de la longueur maximale des larves durant

peuvent expliquer la faible croissance des larves; leur décroissance rapide et tardive lors de leur développement serait due à une diminution d'énergie disponible pour la croissance et à un plus faible volume de réserves énergétiques endogènes. D'ailleurs, Rana (1985) a montré une corrélation positive entre la grosseur des oeufs et des réserves énergétiques endogènes, puis avec la longueur maximale au cours de la résorption. Il mentionne que le taux de croissance des petits oeufs est supérieur à celui des gros oeufs, mais la durée est plus brève. Cette poussée de croissance, de courte durée, est suivie d'une diminution lente de la longueur contrairement à une diminution rapide des larves issues de gros oeufs. Ainsi on constate une similitude dans le mode de croissance des larves avec celles de Rana (1985): petits oeufs et élevages en eau pure; gros oeufs et élevages en milieu de matière organique dissoute.

Les effets de ces milieux de matière organique dissoute sont plus accentués sur le volume du vitellus que sur celui de la gouttelette d'huile, car la nature du vitellus est plus facilement et plus rapidement oxydable. Un taux d'utilisation du vitellus supérieur à celui de la gouttelette d'huile a été également observé par Eldrigde et al. (1981) chez le bar rayé (Morone saxatilis).

6.2.2 Effets des facteurs abiotiques de nutrition

Les résultats peuvent être influencés par la photopériode imposée et le microbulrage. Étant donné que ceux-ci sont identiques entre les milieux, alors on assume que les différences enregistrées sont réelles. On a montré qu'une intensité lumineuse de 17 000 lx, un courant d'eau de 30 à 70 mm.s⁻¹ et une présence de particules alimentaires augmentaient l'activité des larves d'éperlans. Cette activité accrue amène une hausse d'utilisation du vitellus et de la gouttelette d'huile, et cause une diminution d'énergie disponible pour la croissance et une mortalité plus importante et rapide.

Les conditions abiotiques de nutrition occasionnent une diminution plus rapide du volume des réserves énergétiques que celle causée par les milieux de matière organique dissoute. En effet, un même taux de diminution et un même volume du vitellus dans les trois milieux suggèrent que la présence de glucose et de l'acétate n'occasionne aucun changement significatif du volume du vitellus. Rosenthal et Aderdice (1976) pensent qu'il est important de reconnaître que plusieurs combinaisons de facteurs environnementaux peuvent montrer des réponses sous-létales sur lesquelles un polluant peut ou ne peut avoir d'effet.

Les courbes de diminution de la gouttelette d'huile montrent que l'effet combiné des facteurs abiotiques de nutri-

tion avec le glucose amène une plus grande diminution du volume énergétique qu'en eau pure. Pour les larves élevées en milieu d'acétate, l'effet combiné des facteurs abiotiques de nutrition avec ce milieu entraîne une diminution du volume de la gouttelette d'huile moindre par rapport aux deux autres milieux. Ainsi ces résultats suggèrent que le stress plus important en milieu de glucose se manifeste principalement par une plus grande consommation de la gouttelette d'huile. De même nos résultats semblent indiquer que l'utilisation d'acétate exogène entraîne une réduction de la consommation de la gouttelette d'huile. L'apport énergétique de ce milieu semble par conséquent plus important que la dépense provoquée par ce même milieu pour les larves en condition d'alimentation.

Les larves en condition de nutrition dans un des milieux de matière organique dissoute semblent utiliser cette source d'énergie exogène pour leur croissance puisque leur taille est supérieure à celle des larves maintenues en milieu d'eau pure. D'ailleurs, les efficacités d'utilisation du vitellus et de la gouttelette d'huile sont plus élevées en ces milieux de matière organique, ce qui confirme qu'il y a effectivement un apport énergétique exogène pour ces larves.

De ces observations, l'acétate semble être un milieu plus adéquat pour le développement des larves d'éperlans

que les deux autres milieux; la longueur, le taux de croissance et le volume des réserves énergétiques endogènes sont supérieurs à ceux observés en eau pure. Toutefois ces caractéristiques sont semblables entre les deux milieux de matière organique dissoute, mais diffèrent par une utilisation de la gouttelette d'huile qui est supérieure en milieu d'acétate.

Le groupe de larves alimentées avec des granulés additionnés de trois acides aminés présente un même taux d'oxydation du vitellus que celui avec une moulée ordinaire, et un taux de diminution de la gouttelette d'huile plus élevé ($P < 0,01$). Eldridge et al.(1981) ont montré que les larves de bar rayé, Morone saxatilis, nourries avec de plus grandes rations alimentaires, présentent un taux de consommation plus rapide de la gouttelette d'huile. Ainsi il semble y avoir une plus grande nutrition avec une telle moulée. L'énergie de la nutrition externe ne paraît pas influencer la consommation de la gouttelette d'huile des larves entre les milieux si on considère qu'elles ont un taux de consommation en eau pure égal à celui du milieu d'acétate et inférieur à celui du glucose.

L'élevage d'éperlans paraît plus adéquat en milieu d'acétate; en revanche aucune larve n'a survécu lors de la transition de nutrition endogène à exogène. Il serait intéressant de vérifier si cette mortalité est due à un refus

d'alimentation ou à des troubles physiologiques survenus lors du développement larvaire. Rosenthal et Alderdice (1976) mentionnent un faible développement des mâchoires, un comportement de capture et même une absence de comportement de nutrition chez les larves élevées dans un environnement de stress. De même, Morris (1956) mentionne qu'au cours de cette période critique, il se produit des changements physiologiques importants au niveau du comportement d'alimentation, de la respiration et de l'osmorégulation. Selon cet auteur, les branchies, le tube digestif et le tube rénal doivent être coordonnés pour que l'animal survive. D'ailleurs, Doroshed et al. (1981) mentionnent que le gonflement de la vessie natatoire et l'établissement de la régulation hydrostatique coïncident avec la résorption complète ou partielle des réserves énergétiques et avec le début de la nutrition exogène.

Chapitre VII

CONCLUSION

L'étude de la croissance et de la reproduction de la population reproductrice d'éperlans, Osmerus mordax, du lac Vert, comté du lac St-Jean, Québec, laisse à penser que son exploitation devrait maintenir l'âge moyen des individus à 4 ans de manière à optimiser la production, puisque la croissance maximale se situe entre 3 et 4 ans. Cette population subit une exploitation excessive, si on considère que plus de 75 % des individus ont 3 ans et moins et des longueurs moyennes relativement faibles. Il serait important de vérifier si la population reproductrice est représentative de la population du lac Vert de façon à confirmer ces hypothèses.

L'étude du développement des œufs d'Osmerus mordax dans deux milieux de matière organique dissoute (glucose et acétate à 0,8 mmol.l⁻¹) suggère qu'ils causeraient une mortalité accrue des œufs au cours du développement embryonnaire et à l'éclosion avec une diminution significative des réserves énergétiques des larves. Il semble donc non possible d'accroître la condition énergétique des larves à l'éclosion à partir d'incubation d'œufs dans ces matières organiques.

De même, l'acétate et le glucose causent une augmentation de l'oxydation des réserves énergétiques des larves en inanition et influencent le taux de croissance en entraînant une diminution de la longueur des larves au cours de l'ab-

sorption des réserves énergétiques.

De plus l'élevage de ces larves est possible en créant un environnement spécifique pour augmenter l'activité et le comportement alimentaire de ceux-ci. L'intensité lumineuse, la grosseur et la saveur des particules alimentaires, et leurs mouvements médiés par un courant d'eau sont des facteurs abiotiques pouvant améliorer l'élevage en pisciculture. En effet, on a noté que ces facteurs augmentaient l'activité et le comportement alimentaire des larves.

En revanche, cette augmentation de l'activité des larves occasionne une hausse de la dépense énergétique endogène en réduisant la survie et le nombre de jours de nutrition endogène des larves. De plus, l'effet des deux milieux de matière organique sur les larves en condition de nutrition amène une plus grande longueur de ceux-ci au cours de la période de résorption énergétique endogène et diminue la consommation de la gouttelette d'huile en milieu d'acétate pour augmenter en milieu de glucose. Cette étude semble mettre en évidence qu'une matière organique dissoute peut être utilisée comme source d'énergie et être susceptible d'améliorer la condition des larves lors de la première nutrition (période critique).

Nos résultats peuvent donner suite à des recherches ultérieures sur le développement larvaire, qui pourraient être des combinaisons de divers facteurs abiotiques. En

effet, une durée optimale de chacun d'eux permettrait de définir un milieu adéquat pour la survie des larves et principalement lors de la période critique.

BIBLIOGRAPHIE

- AKIELASZEK, J.J., J.R. MORING, S.R. CHAPSON et J.H. DEARBORN.
1985. Experimental culture of young rainbow smelt,
Osmerus mordax. Trans. Amer. Fish. Soc. 114: 596-603.
- ALDERDICE, D.F., T.R. RAO et H. ROSENTHAL. 1979. Osmotic
response of eggs and larvae of the Pacific herring to
salinity and cadmium. Helgolander wiss. Meeresunters.
32: 508-538
- ATEMA, J., K. HOLLAND et W. IKEHARA. 1980. Olfactory res-
ponses of yellowfin tune (Thunnus albacares) to prey
odors: Chemical search image. Journal of chemical ecolo-
gy, 6(2).
- BAGENAL, T.B. 1969. Relationship between egg size and fry
survival in brown trout, Salmo trutta L. J. Fish. Biol.
1: 349-353.
- BAGENAL, T.B. 1978. Methods for assessment of fish produc-
tion in fresh waters. 3rd Ed. IBM Handbook no. 3.
Blackwell Scientific Publications. 365 p.
- BAILEY, M.M. 1964. Age, growth, maturity, and composition of
the American smelt of western lake Superior. Trans. Amer.
Fish. Soc., 93: 382-395.

- BALDWIN, N.S. 1950. The American smelt Osmerus mordax (Mitchill), of South Bay, Manitoulin Island, Lake Huron. Trans. Amer. Fish. Soc., 78: 176-180.
- BECKMEN, W.C. 1942. Length-weight relationships, age, sex-ratio, and food habits on the smelt (Osmerus mordax) from Crystal Lake, Benzie County, Michigan. Copeia, 2: 120-124.
- BINESSE, M. 1983. Protection et amélioration des cours d'eau: objectif faune aquatique. M.L.C.P. Gouvernement du Québec. 153 p.
- BLAXTER, J.H.S. 1969. Development: eggs and larvae. in: Fish physiology, W.S. Hoar et D.J. Randall, éd. Vol. 3, Academic Press, New York. p. 177-252.
- BLAXTER, J.H.S., D. DANIELSEN, E. MOKSNESS et V. ORESTAD. 1983. Description of the early development of halibut, Hippoglossus hippoglossus, and attempt to rear the larvae past first feeding. Mar. Biol. 73: 99-107.
- BLAXTER, J.H.S. et G. HEMPEL. 1963. The influence of egg size on herring larvae. Journal du consul. Conseil permanent International pour l'exploration de la mer 28: 211-240.
- BRYANT, C.H. 1979. Biologie de la respiration. Ed. Librairie Vuibert, Paris, 62 p.

BURBIDGE, R.G. 1969. Age, growth, lenght-weight relationship, sex ratio, and food habits of American smelt, Osmerus mordax (Mitchill), from Gull lake, Michigan. Trans. Amer. Fish. Soc., 98: 631-640.

CAPRIO, J. 1982. Hight sensitivity and specificity of olfactory and gustatory receptors of catfish to amino acids. In: Chemoreception in fishes, ed. by T.J. Hara. p. 109-134.

CARR, E.S. 1982. Chemical stimulation of feeding behavior. In: Chemoreception in fishes, ed. by T.Y. Hara. p. 259-273.

COCHRAN, W.G. et G.W. SNEDECOR. 1980. Statistical methods. 7e éd. The Iowa State University Press, U.S.A. 507 p.

COOPER, J.E. 1978. Identification of eggs, larvae, juveniles on the rainbow smelt, Osmerus mordax, with comparisons to larvae alewife, Alosa pseudoharengus, and gizzard shard, Dorosoma cepedianum. Trans. Amer. Fish. Soc., 197: 56-62.

CORAZZA, L. et J.G. NICKUM. 1981. Positive phototaxis during initial feeding stages of walleye larvae. Rapp. P.-V. Réun. Const. int. Explor. Mer., 178: 492-494.

DABROWSKI, K. 1984. The feeding of fish larvae: present "state of the art" and perspectives. Reprod. Nutr. Develop., 24(6): 807-833.

DABROWSKI, K. et R. BARBEGA. 1984. Mouth size and predicted food size preferences of larvae of three cyprinid fish species. *Aquaculture*, 40: 41-46.

DAJOZ, R. 1975. *Précis d'écologie*. 3e éd. Paris. Gauthier-Villars. 549 p.

DOROSHED, S.I., J.W. CORNACCHIA et K. HOZAN. 1981. Initial swim bladder inflation in the larvae of the physoclistous fishes and its importance for larval culture. *Rapp. P.-V. Réun. Cons. Int. Explor. Mer* 178: 495-500.

ELDRIDGE, B.M., J. WHIPPLE et D. ENG. 1981. Endogenous energy sources as factors affecting mortality and development in striped bass (Morone saxatilis) eggs larvae. *Rev. Const. Int. Explor. Mer* 178: 568-570.

FLUCHER, J. 1980. Review of the present knowledge of rearing whitefish (Coregonidae) larvae. *Aquaculture*, 19: 191-208.

FULTON, T.W. 1911. The sovereignty of the sea. Edinburg and London. in W.E. RICKER, 1980. *Calcul et interprétation des statistiques biologiques des populations de poissons*

GRITSENKO, O.F., A.A. CHURIKOV et S.S. RADIONOVA. 1984. The reproduction ecology of the arctic smelt, Osmerus mordax dentex (Osmeridae), in the rivers of Sakhalin Island. *Vopr. Ikhtiol.* 24(3): 407-416.

- HALE, J.G. 1960. Some aspects of the history of smelt, Osmerus mordax, in western lake Superior, Minnesota. Fish and Game Investigations. Fish Series, 2: 25-41.
- HARTMANN, J. 1983. Two feeding strategies of young fishes. Arch. Hydrobiol., 96(4): 496-509.
- HAYES, F.R. 1949. The growth, general chemistry, and temperature relations of salmonid eggs. The Quarterly Review of Biology 24(4): 281-307.
- HAYES, F.R. et F.H. ARMSTRONG. 1942. Physical changes in the constituent park of developing salmo eggs. J. Fish. Res. Board Can. 20: 99-114.
- HINSHAW, J.M. 1985. Effects of illuminator and prey contrast on survival and growth of larval yellow perch Perca flavescens. Trans. Amer. Fish. Soc., 114: 540-545.
- HOLLIDAY, F.G.T. 1969. The effects of salinity on the eggs and larvae of teleoste. In: Fish physiology. Ed. by Hoars, W.S. et D.J. Randall. Acad. Press. New York. p. 293-311.
- HOOVER, E. 1936. The spawning activities of freshwater smelt, with special reference to the sex ratio. Copeia, 2: 85-91.
- HUET, M. 1960. Traité de pisciculture. 3e éd. Bruxelles. Wyngaert. 369 p.

- HULBERT, P.J. 1974. Factory effecting spawning site selection and hatching success in anadromous rainbow smelt, Osmerus mordax (Mitchill). These of master of science. University of Maine at Orone. 43 p.
- HUNTER, J.R. 1972. Swimming and feeding behavior of larval anchovy, Engraulis mordax. U.S. National Marine. Fisheries Service Fishery Bulletin. 70: 821-838.
- HYATT, K.D. 1979. Feeding strategy. In: Fish physiology. Bioenergetics and growth. Edited by Hoar, W.S., D.J. Randall & J.R. Brett. Acad. Press, N.Y.
- JILEK, R., B. CASSELL, D. PEACE, Y. GARZA, L. RILEY et T. SIEWARD. 1979. Spawning population dynamics of smelt, Osmerus mordax. J. Fish. Biol., 15: 31-35.
- JONES, A. 1972. Studies on egg development and larval rearing of turbot, Scophthalmus maximus L. and Brill, Scophthalmus rhombus L., in the laboratory. J. Mar. Biol. Ass. U.K., 52: 965-986.
- KINNE, O. 1977. Marine ecology, a comprehension, integral treating on life an ocean and coastals water. Vol. III, Part 2. Cultivation of animals. "Research cultivation", p. 968-1035.

- KIYONO, M. et R. HIRANO. 1981. Effects of light on the feeding and growth of black porgy, Mylio macrocephalus (Basilewsky), postlarvae and juveniles. Rapport. P.-V. Réun. Const. Int. Explor. Mer, 178: 334-336.
- KNUTSEN, G.M. et S. TILSETT. 1985. Growth, development, and feeding success of atlantic cod larvae, Gadus morhua, relatif to egg size. Trans. Amer. Fish. Soc. 114: 507-511.
- LALANCETTE, L.M. 1986. Croissance et régime alimentaire de l'éperlan, Osmerus mordax (Mitchill), de Vauvert au lac St-Jean. Sciences et techniques de l'eau, 19(4): 313-320.
- LEGAULT, R.O. et C. DELISLE. 1968. La fraye d'une population d'éperlans géants, Osmerus eperlanus mordax, au lac Heney, comté de Gatineau, Québec. J. Fish. Res. Board. Can., 25: 1813-1830.
- LUEY, J.E., et I.R. ADELMAN. 1984. Stock structure of rainbow smelt in western lake Superior: Population characteristics. Trans. Amer. Fish. Soc., 113: 709-715.
- MAHY, G. 1975. Etude comparée des régimes alimentaires de la ouananiche, du doré et du brochet. Centre de recherche du Moyen-Nord, Contribution à la biologie de la ouananiche. Rapport miméographié, 143 p.

MALHOTRA, Y.R. et S. MUNSKI. 1985. First feeding on survival of Aspedoparia morar larvae (Cyprinidae). Trans. Amer. Fish. Soc. 114: 286-290.

MARCOTTE, A. et J.B. TREMBLAY. 1948. Notes sur la biologie de l'éperlan, Osmerus mordax (Mitchill), de la province de Québec. Contrib. Sta. Biol. St-Laurent. Can. No. 18. 107 p.

MAZLIAK, P. 1971. Les membranes protoplasmiques, structure et fonction cellulaire. Doin Editeur, Paris. 111 p.

McCAIG, R.S. et J.W. MULLAN. 1958. Growth of eight species of fish in Quabbin reservoir, Massachusetts, in relation to age of reservoir and introduction of smelt. Trans. Amer. Fish. Soc. 89(1): 27-31.

McKENZIE, R.A. 1958. Age and growth of smelt, Osmerus mordax (Mitchill), of the Miramichi River, New Brunswick. J. Fish. Res. Board Can., 15: 1313-1317.

McKENZIE, R.A. 1964. Smelt life history and fishery in the Miramichi river, New Brunswick. Bull. Fish. Res. Board Can., no 144, 77 p.

MORRIS, W. 1956. Some aspects of the problem of rearing marine fishes. Bulletin de l'institut océanographique. No. 1082: 1-61.

- MOUNIB, M.S. et J.S. EISAN. 1969. Metabolism of pyruvate and glyoxylate by eggs of salmon (Salmo salar). Comp. Biochem. Physiol. 29: 259-264.
- POTTS, W.T.W. et P.P. RUDY, Jr. 1969. Water balance in the eggs of the atlantic salmon, Salmo salar. J. Exp. Biol. 50: 223-237.
- QUANTZ, G. 1985. Use of endogenous energy sources by larval Turbot, Scophthalmus maximum. Trans. Amer. Fish. Soc. 114: 558-563.
- RANA, K.J. 1985. Influence of egg size on the growth, insit of feeding, point-of-no-return, and survival of unfed, Oreochromis mossambicus, fry. Aquaculture 46: 119-131.
- RICKER, W.E. 1972. Stock and recruitment. in: Reading in Aquatic ecology. Ford and Hazen. 397 p.
- RICKER, W.E. 1980. Calcul et interprétation des statistiques biologiques des populations de poissons. Bull. Fish. Res. Board Can., 409 p.
- ROSENTHAL, H. et D.F. ALDERDICE. 1976. Sublethal effects of environmental stressors, natural and pollutional, on marine fish eggs and larvae. J. Fish. Res. Board Can. 33: 2047-2065.

ROSENTHAL, H. et G. HEMPEL. 1970. Experimental studies in feeding and food requirements of herring larvae (Clupea harengus L.) In: Marine Foods chains, Ed. J.H. Steele. Oliver and Boyd, London, p. 344-364.

SAUNDERS, L.J. et G. POWER. 1970. Age, growth, maturity and sex composition of American smelt, Osmerus mordax (Mitchill), from Matamek Lake, Québec. Nat. Can., 97: 511-516.

SCOTT, W.B. et E.J. CROSSMAN. 1974. Poissons d'eau douce du Canada. Ministère de l'environnement. Service des pêches et sciences de la mer. Ottawa. 966 p.

SPRINGATE, J.R.C. et N.R. BROMAGE. 1985. Effects of egg size on early growth and survivals in rainbow trout (Salmo gairdneri richardson). Aquaculture 47: 163-172.

TERNER, C. 1968. Studies of metabolism in embryonic development - 1. The oxydative metabolism of unfertilized and embryonated eggs of the rainbow trout. Comp. Biochem. Physiol. 24: 941-950.

TERNER, C. et G. KORSH. 1963. The oxidative metabolism of pyruvate, acetate and glucose in isolated fish spermatozoa. J. Cell. Comp. Physiol. 62: 243-249.

TERNER, C., A.L. KUMAR et T.S. CHOE. 1968. Studies of metabolism in embryonic development - II. Biosynthesis of lipids in embryonated trout ova. Comp. Biochem. Physiol. 24: 941-950.

VELSEN, F.P.J. 1980. Embryonic development in eggs of sockeye salmon, Oncorhynchus nerka. Can. Spec. Publ. Aquat. Sci. 49: 19 p.

WARFEL, H.E., T.P. FROST et W.H. JONES. 1943. The smelt, Osmerus mordax, in Great Bay, New Hampshire. Trans. Amer. Fish. Soc., 72: 257-262.

WIGGINS, T.A., T.R. BENDER, Jr., V.A. MUDRAK et J.A. COLL. 1985. The development, feeding, growth, and survival of cultured american shad larvae through the transition from endogenous nutrition. Prog. Fish. Cult. 47(2): 87-93.